

YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ
TEZ VERİ FORMU

Tez No:

Konu:

Üniv. Kodu:

Not: Bu bölüm merkeziniz tarafından doldurulacaktır.

Tezin yazarının

Soyadı: KAYA

Adı:Çiydem

Tezin Türkçe adı: Perdelerin Kapasite Yöntemine Göre Tasarımı

Tezin Yabancı adı: Design of Structural Wall with Capacity Design

Tezin Yapıldığı

Üniversite:İstanbul Teknik

Enstitüsü:Fen Bilimleri

Yılı:2004

Üniversitesi

Diğer Kuruluşlar:

Tezin Türü: 1- Yüksek Lisans

Dili:

Türkçe

Sayfa Sayısı

158

Tez Danışmanlarının

Ünvanı: Prof.Dr.

Adı:Melike

Soyadı:ALTAN

Ünvanı:

Adı:

Soyadı:

Türkçe anahtar kelimeler:

İngilizce anahtar kelimeler:

1-Betonarme

1-Reinforced Concrete

2-Perde

2-Structural Wall

3-Kapasite Yöntemi

3- Capacity Method

4-Tasarım

4- Design

Tarih: 22/06/04

İmza:

ÖNSÖZ

Tez çalışması boyunca benden ilgi ve yardımlarını esirgemeyen sevgili hocam Prof. Dr. Melike ALTAN' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında yanımda olan meslektaşlarım İnş.Müh. Serkan SAGIROĞLU, Yük.İnş.Müh. Tolga Kutlu , Yük.İnş.Müh. Zeynep FIRAT, iş arkadaşlarım Özkan ÇAKIR , Duygu TANRIVERDİ , Johnny KAYALAR ve dostlarıma teşekkür ederim.

Beni her konuda destekleyen ve tüm hayatım boyunca yanımda olan sevgili annem Fatma KAYA ve babam Hasan KAYA ya en içten teşekkürlerimi sunarım .

Mayıs 2004

İnş.Müh. Çiydem KAYA

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
SEMBOL LİSTESİ	XI
ÖZET	XIV
SUMMARY	XV

1.GİRİŞ:DEPREM TASARIMININ TEMEL KAVRAMLARI

1.1 Deprem Tasarımı ve Deprem Performansı : Bir Bakış	1
1.1.1 Deprem Tasarımının Limit Durumları	7
1.1.1.1 Kullanılabilir Limit Durum	7
1.1.1.2 Hasar kontrollü Limit Durum	7
1.1.1.3 Ayakta Kalma Limit Durumu	7
1.1.2 Yapı Özellikleri	8
1.1.2.1 Rijitlik	8
1.1.2.2 Dayanım	8
1.1.2.3 Süneklik	9
1.2 Deprem Dayanımı İçin Yapı Sistemlerin Esasları	9
1.2.1 Yatay Yük Taşıyan Taşıyıcı Sistemler	10
1.2.1.1 Çerçeve Sistemler	10
1.2.1.2 Perde Sistemler	10
1.2.1.3 Karma Sistemler	10
1.2.2 Toplam Deprem Etkisi	10
1.2.2.1 Yüksekliğe Göre Davranış	10
1.2.2.2 Plana Göre Davranış	10
1.2.3 Taşıyıcı Sistem Düzeninin Deprem Davranışına Etkisi	12
1.2.3.1 Kat Döşemesinin Diyafram Olarak Çalışması	13
1.2.3.2 Burulma Etkisinin Azaltılması	13
1.2.3.3 Düşey Düzenleme	14
1.2.4 Tasarım Süneklik Seviyesine Göre Yapısal Sınıflandırma	17
1.2.4.1 Elastik Davranış	18
1.2.4.2 Sünek Davranış	18
1.3 Tasarım	20
1.3.1 Tasarım Yükleri ve Kuvvetleri	20
1.3.1.1 Ölü Yükler (G)	20
1.3.1.2 Hareketli yükler (Q)	20
1.3.1.3 Deprem Kuvvetleri (E)	21
1.3.1.4 Rüzgar Kuvvetleri (W)	21
1.3.1.5 Diğer Kuvvetler	21
1.3.2 Yük ve Kuvvet Etkilerinin Kombinasyonları : Zorlar	21

1.3.3 Dayanımların Tanımlanması	23
1.3.3.1 Gerekli Dayanım (S_u)	23
1.3.3.2 İdeal Dayanım (S_i)	23
1.3.3.3 Olası Dayanım (S_p)	23
1.3.3.4 Aşırı Dayanım (S_o)	24
1.3.3.5 Dayanımlar Arasındaki İlişkiler	24
1.3.3.6 Eğilme Aşırı Dayanım Katsayısı (Φ_o)	24
1.3.3.7 Sistem Aşırı dayanım Katsayısı (ψ_o)	25
1.3.4 Dayanım Azaltım Katsayıları	26
1.4 Kapasite Tasarımının Felsefesi	27
1.4.1 Ana Özellikler	27
1.4.2 Yapıların Kapasite Tasarımı	28
2. PERDELERİN KAPASİTE YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI	30
2.1 Giriş	30
2.2 Perdelerle Teşkil Edilen Taşıyıcı Sistemler	31
2.2.1 Perdelerin Planda Yerleştirilmesi Esasları	31
2.2.2 Perdelerin Teşkili	35
2.2.3 Narin ve Kısa Perdeler	37
2.2.3.1 Boşluksuz Perdeler	37
2.2.3.2 Boşlukları Bulunan Perdeler	39
2.3 Narin Perdeli Yapılarda Analiz	43
2.3.1 Statik Model Teşkili	43
2.3.1.1 Eleman Rijitliği	43
2.3.1.2 Geometrik Modelleme	45
2.3.1.3 Perde Kesitlerinin Analizi	47
2.3.2. Eşdeğer Yanal Statik Kuvvetler İçin Analiz	49
2.3.2.1 Dolu Perdeler	50
2.3.2.2 Boşluklu Perdeler	52
2.3.2.3 Perdeler Arasında Yatay Yük (tekrar) Dağılımı	56
2.4. Perdelerin Hesap ve Teşkili (Dayanım ve Süneklik)	59
2.4.1. Betonarme Perdelerde Göçme Modları	59
2.4.2 Eğilme Dayanımı	61
2.4.2.1 Eğilme Dayanımı için Boyutlandırma	61
2.4.2.2 Düşey Perde Donatıları İçin Konstrüktif Esaslar	62
2.4.2.3 Eğilme Donatısının Sınırlandırılması	63
2.4.2.4 Perde Tabanındaki Eğilme Aşırı Dayanımı	65
2.4.3 Düktilite ve Stabilite Bozukluğu	67
2.4.3.1 Eğilme Davranışı	67
2.4.3.2 Perdelerde düktilite ilişkileri	70
2.4.3.3 Perde Stabilitesi	70
2.4.3.4 Eğrilik Düktilitesindeki Sınırlamalar	75
2.4.3.5 Perdelerin Sarılması	78
(i) Sarılacak Olan Beton Basınç Bölgesi	78
(ii) Sarılmada Kullanılacak Donatı Miktarı	79
(iii) Düşey Sarılma Bölgesinin Belirlenmesi	80
(iv) Boyuna Donatıların Stabilitesi	80
(v) Özet: Perdelerin Sarılmasıyla İlgili Şartlar	82

2.4.4 Kesme Kontrolü	83
2.4.4.1 Kesme Kuvvetinin Belirlenmesi	83
2.4.4.2 Diyagonal Çekme ve Basıncın Kontrolü	85
(i)Elastik olmayan bölgeler	85
(ii)Elastik Bölgeler	87
2.4.4.3 Perdelerde Kesme Kayması	87
2.4.5 Perde Çiftlerinin Dayanımı	88
2.4.5.1 Göçme Mekanizmaları ve Davranış	88
2.4.5.2 Bağ Kirişlerinin Donatı Tasarımı	89
2.4.5.3 Döşemelerle Bağlı Boşluklu Perdeler	91
3. KONSOL PERDE SİSTEMLERİNİN KAPASİTE TASARIMI	94
3.1 Özet	94
3.2 Konsol Perde Sistemi için Tasarım Örneği	96
3.3 T Kesitli Perdenin Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında 1998 Yönetmeliğine Göre Çözülmesi	110
4. SÜNEK BOŞLUKLU PERDELERİN KAPASİTE HESABI	114
4.1 Özet	114
4.2 Boşluklu Perdelerde Tasarım Örneği	120
5. SONUÇLAR	147
KAYNAKLAR	150
EK	151
ÖZGEÇMİŞ	158

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	Yumuşak kat mekanizması,1990 Filipin Depremi..... 3
Şekil 1.2	10 katlı binada enine donatının yetersiz olmasından kaynaklanan göçme..... 4
Şekil 1.3	Kat yüksekliğinde örülmemiş tuğla duvarın kolondaki kesme kuvvetini arttırıcı yöndeki etkisi..... 4
Şekil 1.4	Yeterli eğilme sünekliğine ve kesme dayanımına sahip olmayan yapının göçmesi (1990 Filipin depremi) 5
Şekil 1.5	Perdeler arasındaki bağ kirişlerin göçmesi (1964 Alaska Depremi) 5
Şekil 1.6	Betonarme çerçevede örülen tuğla duvarlardan kaynaklanan göçme 6
Şekil 1.7	Kiriş- kolon birleşimindeki göçme (1990 Filipin depremi)..... 6
Şekil 1.8	Betonarme elemanda tipik yükleme – yer değiştirme ilişkisi..... 8
Şekil 1.9	Yanal kuvvetlerin yapıya olan etkisi..... 11
Şekil 1.10	Göreceli kat ötelenmesi 11
Şekil 1.11	Yapılardaki plan konfigürasyonları..... 12
Şekil 1.12	Kat planlarında kütle ve rijitlik merkezleri 14
Şekil 1.13	Düşey düzenlemeler 15
Şekil 1.14	Birlikte etki eden çerçeve ve perdeler..... 16
Şekil 1.15	Yükseklığe bağlı kat rijitliğindeki çeşitlilikler..... 17
Şekil 1.16	Dayanım ve süneklik arasındaki ilişki..... 18
Şekil 1.17	Enerji dağıtım mekanizmalarının kıyaslanması..... 29
Şekil 2.1	Otel ve Apartman yapılarındaki çeşitli perde düzenlemeleri..... 32
Şekil 2.2	Perdelerin burulma rijitlikleriyle ilgili örnekler..... 33
Şekil 2.3	Elastik olmayan perdelerin burulma dayanımı..... 34
Şekil 2.4	Betonarme çekirdeklerle sağlanan yanal kuvvet dayanımı 34
Şekil 2.5	Genel perde kesitleri..... 35
Şekil 2.6	Perdedeki etkili başlık genişliği 36
Şekil 2.7	Konsol perdeler 38
Şekil 2.8	Prizmatik olmayan konsol perdeler..... 39
Şekil 2.9	Açıklıklı perdelerde kesme dayanımı 39
Şekil 2.10	Kolonlarla taşınan perdeler 40
Şekil 2.11	Bağ kirişli perde tipleri 41
Şekil 2.12	Deprem dayanımında istenmeyen perde parçaları..... 41
Şekil 2.13	Perdelerde eğilme dayanımında istenmeyen perde parçaları..... 42
Şekil 2.14	Derin perde çerçeve elemanlarının modellenmesi..... 46
Şekil 2.15	Çatlamış ve çatlamamış perde kesitlerinde eğrilik etkileri..... 47

Şekil 2.16	Simetrik olmayan dikdörtgen perde kesitlerinde eksenel yük-moment etkileşimi.....	48
Şekil 2.17	Kanal kesitli perdelerde eksenel – yük moment ilişkileri	49
Şekil 2.18	Birlikte etki eden ankastre perdelerin modellenmesi.....	50
Şekil 2.19	Birlikte etki eden konsol perdelerin planı.....	51
Şekil 2.20	Yanal kuvvetlerin modellenmesi ve bağ kirişli perdelerin analizi	53
Şekil 2.21	Servis çekirdeğine ait örnek yapının elemanları.....	54
Şekil 2.22	Bağ kirişli servis çekirdek perde örneği	55
Şekil 2.23	Servis çekirdeğindeki bağ kirişli perdenin sünek cevabı.....	57
Şekil 2.24	Perdelerin göçme biçimleri.....	59
Şekil 2.25	Kesme dayanımıyla kontrol edilen perdelerin histerik cevabı.....	60
Şekil 2.26	Sünek perdenin stabil histerik cevabı	60
Şekil 2.27	Perde kesit örneği.....	61
Şekil 2.28	20 katlı yapıda perdenin farklı akma moment dayanımlarındaki dinamik moment zarf eğrileri	64
Şekil 2.29	Perdeler için tasarım moment zarf eğrileri.....	65
Şekil 2.30	Perdedeki dinamik moment karşılaşmaları	66
Şekil 2.31	Dikdörtgen perdelerde gerilme şekilleri	68
Şekil 2.32	Profil kesitli perdelerde sünek kapasiteyi gösteren şekil değiştirme durumları	68
Şekil 2.33	Perdelerin tabanındaki eğrilik sünek yer değiştirme oranına bağlı yer değiştirme.....	71
Şekil 2.34	Düzlem dışı burkulmadaki şekil değiştirmeler.....	72
Şekil 2.35	Eğilme dayanımı altında perde kesitinin dengesi.....	74
Şekil 2.36	Kritik perde kalınlığı ile sünek yer değiştirmesi arasındaki ilişki	75
Şekil 2.37	Plastik mafsallarda bölgelemlerdeki sınır elemanlarının minimum boyutları	75
Şekil 2.38	Perdede plastik mafsallarda bölgelemlerdeki diyagonal çatlaklar ve burulmalar	76
Şekil 2.39	Perde kesitleri için şekil değiştirme örneği	79
Şekil 2.40	Perdede potansiyel akma bölgesindeki enine donatılar.....	81
Şekil 2.41	Perde kesitinin bölümlerinde farklı amaçlar için gerekli enine donatılar.....	82
Şekil 2.42	Yönetmelik ile dinamik yatay kuvvetlerin karşılaştırılması	83
Şekil 2.43	Tekrarlı yüklemelerde perdeler için oluşan göçme durumu.....	86
Şekil 2.44	Bağ kirişlerde kesme dayanımı mekanizmaları	89
Şekil 2.45	Elastik olmayan bağ kirişlerin uzatılması	90
Şekil 2.46	Bağ kirişi güçlendirmek için döşeme donatısının dağılımı	91
Şekil 2.47	Döşemelerle perdelerin birleştirilmesi	92
Şekil 2.48	Bağ kirişlerde döşeme donatısı	93
Şekil 2.49	Döşemeyle birleşmiş perdenin kesme zımbalmasına göre kontrolü.....	93
Şekil 3.1	6 katlı yapı için kat planı ve perde tipleri	97
Şekil 3.2	5 numaralı perdenin detayları	102
Şekil 3.3	5 numaralı perdenin Deprem yönetmeliğine göre donatı düzeni ..	113
Şekil 4.1	Boşluklu perdenin boyutları	121
Şekil 4.2	Hesaplama özellikleri için perde boyutları	123

Şekil 4.3	Yanal statik kuvvetlerin sebep olduğu örnekteki boşluklu perdenin hareketleri	126
Şekil 4.4	Bağ kirişi detayı	127
Şekil 4.5	Yapının tabanında perde kesitinin detayları	142
Şekil 4.6	Perdedeki kuşatılmış bölgenin alternatif olarak detaylandırılması	143

SEMBOL LİSTESİ

A	:toplam taşıma elemanının alanı veya Denklem 2.4 le tanımlı faktör
A_e	:etkili kesit alanı mm ²
A_{sh}	:etriye ve ek etriyelerin s _h aralığında konulmuş toplam alanıdır.
A_r	kenar oranı
A_{wb}	:başlık elemanı alanı
A_g*	:sarılacak perde kesitinin brüt alanı
A_c*	:A _g * içinde, dıştaki etriyelerin dışından dışına kadar olan çekirdek alanı
B	:perde kalınlığı, mm
b_{etkili}	:etkili tabla genişliği,mm
b_c	:kritik perde genişliği, mm
b_w	:perde genişliği, mm
c_c	:kritik tarafsız eksen derinliği
c_l	:basınç bölgesi derinliği
E	:Deprem kuvveti
e_x	:Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki uzaklık, eksantrisite
e_y	:Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki uzaklık, eksantrisite
F	:Denklem 2.9b yle tanımlanan denklem
	:Genel anlamda kuvvet
f_c'	:betonun basınç dayanımı
f_y	:donatının akma dayanımı
f_{yh}	:etriye ve çapraz bağlantı elemanlarının akma dayanımı
G	:Ölü yük
h	:tüm elemanın kalınlığı , mm
	tüm elemanın derinliği , mm
h_w	:toplam perde yüksekliği
h''	:betonarme çekirdekten etriyeler olan düşey mesafe
I_e	:atalet momenti
I_g	:donatının ihmal edildiği atalet momenti
I_{ix}	:Perde kesitinin x eksenine göre atalet momenti
I_{iy}	:Perde kesitinin y eksenine göre atalet momenti
I_w	:kesme şekil değiştirmesi ve çatlamaya müsaade eden atalet momenti
K	:rijitlik
k_c	:kolonun rijitliği
L	:şartname hareketli yük değeri
L_r	:kolon yüksekliğince veya kiriş uzunluğunca düzgün yayılı kabul edilen azaltılmış hareketli yük değeri
l*	: burkulma boyu
l_w	:perde uzunluğu
l	:perdeler arasındaki açıklık
l_n	:elemanın temiz açıklığı

l_p	:Plastik mafsalsal boyu
λ_s	:açıklık boyu
M	:moment
M_E	:Şartname kuvvetlerinden oluşan moment
M_i	:ideal eğilme dayanımı
M_{o,t}	:boşluklu veya boşluksuz perdelerde tabandaki toplam devrilme momenti
M_{o,w}	:eğilmeye karşı ek dayanımı
M₁,M₂	:perde 1 ve 2 deki tasarım momentleri
M_{1o},M_{2o}	:1 ve 2 perdelerindeki eğilme aşırı dayanımı
M_u	:Eğilme momenti
M_{u1}	:Eksenel ekme kuvvetlerinin oluştuğu perdedeki taban momenti
M_{u2}	:Depremde eksenel basınç kuvvetlerinin oluştuğu perdede taban momenti
n	:kat sayısı
P	:eksenel kuvvet
P_D	:ölü yükten oluşan eksenel basınç
P_E	:yatay eşdeğer statik kuvvetlerin perdede oluşturduğu eksenel çekme veya basınç
P_i	:ideal dayanım
P_{Lr}	:azaltılmış hareketli yükten rL oluşan eksenel basınç
P_u	:gerekli olan güce karşı gelen perde eksenel hesap yükü
R	:hareketli yük azaltma katsayısı
s_h	:yataydaki etriyelerin aralığı
s_v	:Donatıların düşey aralıkları
S_E	:yapının deprem dayanımı
S_i	:İdeal Dayanım
S_o	:maksimum yer değiştirmedeki dayanım
S_p	:Olası dayanım
S_y	:akma dayanımı
S_u	:Gerekli Dayanım
T	:ekme kuvveti
T_h	:kancadaki çekme kuvveti
T₂	:toplam çekme kuvveti
U	:yükleme ve kuvvetlerin toplamı
Q	:Hareketli Yük
Q_{io}	:aşırı dayanımda bağ kirişte oluşan kesme kuvveti
V_E	:yönetmeliklerdeki yatay statik kuvvetlerden türetilmiş kesme kuvveti
V_{ix} , V_{iy}	:x ve y doğrultularında her bir perdeye gelen kesme kuvveti
V_j	: yatay kuvvet
V_x	:x yönündeki kesme kuvveti bileşeni
V_y	:y yönündeki kesme kuvveti bileşeni
v_i	:toplam kesme gerilmesi
x_i	:koordinat
y_i	:koordinat
W	:Rüzgar kuvvetleri
Z₁	:arttırma faktörü
β	:donatı oranı

$\gamma_D, \gamma_L, \gamma_E$:yükleme katsayıları
Δ_e	:ideal elastik yapının yer değiştirmesine
Δ_{me}	:Maksimum yer değiştirme
Δ_{mf}	:maksimum yer değiştirme
Δ_{mr}	:sınırlandırılmış sünek yapının maksimum yer değiştirmesi
Δ_y	:akma yer değiştirmesi
Δ_{ye}	:akmadaki gerçek yapının yer değiştirmesi
Δ_{yr}	:sınırlandırılmış sünek yapının yer değiştirmesi
Δ_u	:Süneklik limiti
δ	:deplasman
ϵ_c	:beton basınç şekil değiştirme sınırı
ϵ_{ce}	:betonun elastik şekil değiştirmesi
ϵ_{cm}	:beton basınç şekil değiştirmesi
ϵ_{SM}	:maksimum çelik değiştirmesi
ϵ_y	:çeliğin akma şekil değiştirmesi
λ_o	: eleman malzemelerinin artan dayanımına bağlı olan aşırı dayanım katsayısı
λ_p	:aşırı dayanım faktörü
μ	:Süneklik
μ_f	:tam sünek yapının sünekliği
μ_m	:Maksimum süneklik
μ_Δ	:düktilite oranının yer değiştirmesi
μ_ϕ	:eğrilik düktilitesi
μ_r	:sınırlı sünek yapının sünekliği
ρ_1	:düşey perde donatısı oranı
Φ	:azaltma katsayısı
Φ_p	:olası dayanım katsayısıdır
Φ_o	:Eğilme Aşırı Dayanım Katsayısı
$\phi_{o,w}$:aşırı mukavemet faktörü
Φ_y	:akma eğriliği
ϕ_u	:kopma eğriliği
Ψ_o	:Sistem Aşırı Dayanım Katsayısı
ω_v	:dinamik kayma faktörü

PERDELERİN KAPASİTE YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI

ÖZET

Bu çalışmada ana amaç betonarme perdelerin kapasite metodu ile hesap edilmesi ve detaylandırılmasıdır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı için yapıların kapasite tasarımında sırasıyla deprem dayanımını sağlayan esas sistemin farklı elemanları seçilir, bu elemanlar uygun olarak tasarlanır ve büyük etkiler doğuran yer değiştirmeler altında enerji dağıtımına izin verecek şekilde detaylandırılır. Kapasite tasarımı güçlü bir tasarım aracıdır. Birinci bölümde Deprem Tasarım, Deprem Performansı, Deprem dayanımı için kullanılan taşıyıcı sistemler , tasarım adımları , kapasite tasarımı ve perdeler ile ilgili diğer açıklayıcı bilgiler verilmiştir. İkinci Bölümde perdelerin kapasite yöntemine göre tasarımı anlatılmıştır. Üçüncü bölümde konsol perdeye ait birinci kaynakta verilmiş bir sayısal örnek yapılmış ve planı verilen T kesitli perdenin bu yöntemle hesap adımları ve donatı düzeni gösterilmiştir. Aynı perde ülkemizde yürürlükte bulunan 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe göre de hesaplanmış, donatılmış ve aralarındaki hesap ve değer farklılıkları gösterilmiştir. Dördüncü bölümde konsol perdeye ait sayısal örnek açıklanmış ve planı verilen boşluklu perdenin bu yöntemle hesap adımları ve donatı düzeni gösterilmiştir. Sonuçlar bölümünde kapasite metodu ile hesabın üstünlükleri açıklanmıştır.

DESIGN of STRUCTURAL WALLS WITH CAPACITY DESIGN

SUMMARY

In this study, main goal is to calculate and detail structural wall using capacity method. In the capacity design of structures for earthquake resistance, distinct elements of the primary lateral force resisting system are chosen and suitably designed and detailed for energy dissipation under severe imposed deformations. Capacity design is a powerful design tool. It enables the designer to “tell the structure what to do and to desensitize it to the characteristics of the earthquake.” In section one earthquake project, earthquake performance, carrying systems used for earthquake resistance, design steps, capacity design and explanatory information which is related to the walls are explained for structural walls design according to capacity method. In section two consists the design of structural wall design with capacity method. In section three numerical example of the cantilever structural wall is explained and the calculation steps, reinforcement plan T structural walls plan is shown. The same structural wall is also calculated and equipped by using Turkish Earthquake Code 1998 the comparison of this calculations and differences are shown. In section 4 numerical example of coupled wall is explained and calculation steps and reinforcement plans are shown for this wall. In section 5 advantages of capacity method are explained.

1.GİRİŞ : DEPREM TASARIMININ GENEL KAVRAMLARI

1.1. Deprem Tasarımı ve Deprem Performansı : Bir Bakış

Kapasite tasarımı , yapı tasarımında optimum sonuçlar veren etkin bir yöntemdir. Etki eden yükleri , kuvvetleri , malzemeyi , ekonomiyi göz önüne alır.Modern binalarda tipik olarak en şiddetli deprem kuvvetlerinin 100 ile 500 yıllık bir aralıktaki periyotta oluşacağı varsayılır. Elastik sınır içinde olacak şekilde hesaplanan kuvvetler , genelde taşıyıcı sistemler elastik tepkinin %15-25 i için hesaplanır. Böylece malzemeye uygun büyük plastik yer değiştirmeler ve enerji dağılımı ile yapının beklenen şiddetli bir depremde ayakta kalması beklenir. Sonuçta, tasarımda göz önüne alınan deprem kuvvetinden çok daha sık meydana gelen çok daha küçük şiddette olan depremlere göre oluşacak kuvvetlerle bile yapı tam kapasitesine ulaşılabilir. Böylece, depreme göre binanın tam kapasitesine ulaşmasının yıllık ihtimali %1-%3 civarındadır. Buna kıyasla, düşey yüklere göre sınır kapasiteye ulaşmanın yıllık olasılığı %0.01dir. Bu, uygun bir deprem tasarım felsefesinin eksikliğinden kaynaklanan sonuçların muhtemelen ciddi olacağını gösterir.

Yapıların düşey etkileri ile , deprem tasarım ilkelerinin birleştirilmesi ilk olarak 1920 ve 1930 yıllarında benimsenmiştir. O yıllarda yer deprem ivmelerinin ölçümünün yapılamaması ve dolayısıyla yapının dinamik davranışının detaylı bilgisinin eksikliği sonucu olarak deprem eylemsizlik kuvvetlerinin değerleri güvenilir olarak tahmin edilemiyordu. Tipik olarak bina ağırlığının %10 u deprem kuvveti olarak alınıyordu. İzin verilen gerilme seviyelerinin değişmeden kullanılmasından dolayı, yanal kuvvetler için gerçek bina dayanımı biraz daha büyük oluyordu.1960 'larda ivme diyagramlarıyla daha ayrıntılı bilgiler elde edildi.Tasarım

felsefesinin ve bilgisayar programlarının gelişmesi,çok serbestlik dereceli yapıların deprem davranışının çok daha iyi incelenmesini kolaylaştırdı. Şartnamelerle belirlenmiş mevcut yanal kuvvet seviyelerine göre deprem tasarımının, pek çok durumda güçlü yer sarsıntılarıyla aşılmaması gereken yapısal dayanımı sağlamada yetersiz kaldığı, görüldü. Aynı zamanda, gerçek depremlerde, dayanım eksikliğinin sadece göçmelere değil; ciddi hasarlara da yol açtığı, anlaşıldı. Plastik şekil değiştirmelerle, yapı dayanımında ciddi azalmalar olmadan sistemin devam etmesi koşuluyla, yapı depremde ayakta kalabilir ve ekonomik olarak kolaylıkla onarılabilmekteydi. Ancak, beton ve tuğla perde elemanların kesme göçmeleri gibi dayanımın ciddi azalışıyla sonuçlanan plastik şekil değiştirmeler meydana geldiği zaman, ciddi hasarlar ve toptan göçmeler oluşuyordu.

Aşırı dayanımın sağlanmasının bir ana koşul, olmadığı anlaşıncaya tasarımda büyük deprem zorlarının karşılanması düşüncesi terk edilmeye başlandı. Plastik yapı davranışı, hipotezlerin belirsizliğinden ortaya çıktı ve deprem kuvvetleri için yapı tasarımı düşüncesinde bir temel nokta oldu. Tüm plastik şekil değiştirme modlarının eşit olarak uygulanabilir olmadığı kabul edildi. Buna göre, bazılarının göçmeye yol açtığı; diğerleri ise dayanımın ana niteliği olan sünekliği sağladığı görüldü.

Son zamanlarda, deprem tasarımında daha sünek taşıyıcı sistem tiplerinin seçilmesi benimsenmiştir. Genel olarak bu, düzgün yapısal sistem teşkili ve plastik şekil değiştirmelerle meydana gelen plastik mafsalları tanımlanan noktaların dikkatlice seçilmesiyle ilgilidir. Taşıyıcı sistemin dikkatlice seçilmesiyle, istenmeyen plastik şekil değiştirme modları için gerekli dayanım, istenen plastik modlardaki zorlara göre bilinçli olarak büyütülmüştür. Bu durumda, gevrek göçmeleri önlemek için betonarme ve yığma yapılarda, gerekli kesme dayanımının, göçmeye yol açabilen rijitlik ve dayanımdaki ciddi bozulmalarla ilgili plastik kesme şekil değiştirmelerinin meydana gelmemesini sağlayan gerekli eğilme dayanımından büyük olması zorunludur. Bu basit genel düşünceler, ki aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Plastik davranış için uygun taşıyıcı sistemin seçimi,
2. Plastik şekil değiştirmelerin odaklandığı uygun ve ayrı olarak detaylandırılan plastik mafsalları yerlerinin seçimi,

3.İstenmeyen yerlerde veya istenmeyen yapısal modlarla meydana gelen plastik şekil değiştirmeleri de kapsayan uygun dayanım ihtimallerinin garantilenmesi, kapasite tasarımının temelidir.

Deprem durumlarında modern binalarda oluşan hasar ve hatta toptan göçme nedenleri aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 1.1 Yumuşak kat mekanizması , 1990 Filipin Depremi

Şekil 1.1de depremlerde en yaygın göçme nedenlerinden biri olan “yumuşak kat” durumu gösterilmiştir. Zemin kat genellikle, diğer katlardan daha zayıftır. Dükkan ve park yeri amaçlı zemin katların mümkün olduğunca geniş yapılmasıyla oluşan kolon mekanizması meydana gelerek , büyük bölgesel süneklik isteği ile bu yumuşak kat durumu gelişebilir.

Şekil 1.2 de bir ilk kat kolonunun temelle birleşim yerinde oluşan kolon göçmesi gösterilmiştir. Deprem sırasında aksenal kuvvet ile eğilme momentinin birlikte etki etmesiyle yüksek basınç gerilmeleri beklenir. Yeterli sıklıkta olmayan ve iyi detaylandırılmamış enine donatıların yetersizliği potansiyel plastik mafsallarda kesitin dayanımını kaybetmesine neden olur. Zayıf kiriş güçlü kolon felsefesi uyarınca enerji yutulması kiriş mesnetlerinde plastik mafsallar ve kolon-temel birleşimindeki plastik mafsallar ile oluşur. Burada eğer kolondaki enine donatı yetersiz ise toptan göçme meydana gelir.



Şekil 1.2 10 katlı binada enine donatının yetersiz olmasından kaynaklanan göçme

Şekil 1.3.de gösterilen durumda, örülen tuğla duvarlar arasında kalan kolonlar depremde duvarlarla birlikte çalışırken yapışık olmaları nedeniyle rijitliklerinin artması ile daha fazla yanal kuvvet alırlar. Bu durumda kolon, kendisine bitişik olan ve kat yüksekliğinde örülmemiş tuğla duvarın bittiği yüksekliğin üstünde herhangi bir noktadan göçer. Buna kısa kolon durumu denir. Bu durumdan sakınmak için duvarlar ile kolon arasında yeterli miktarda derz aralığının bırakılması gerekir.



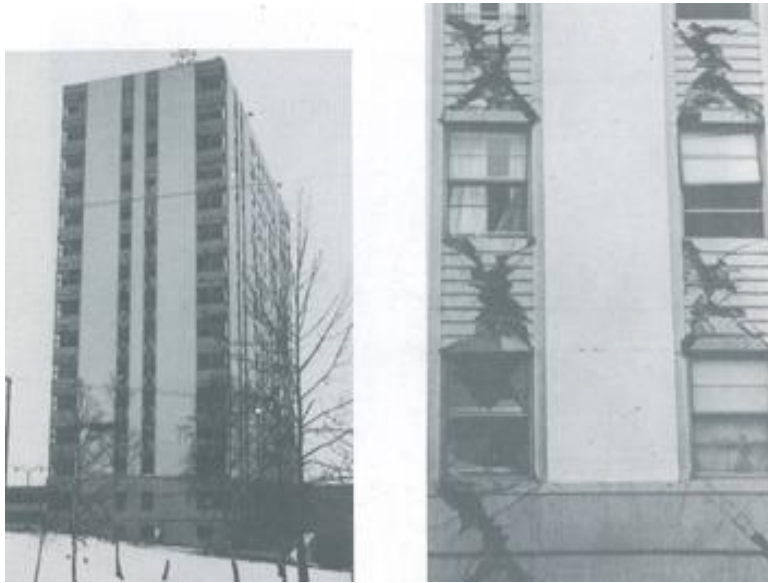
Şekil 1.3 Kısa kolon durumu

Şekil 1.4 de gösterilen durumda, güçlü depremler için yeterli eğilme sünekliği ve kesme dayanımına sahip şekilde tasarlanmayan yapılarda büyük rijitlik ve dayanım azalması olur ve ciddi hasarlar oluşabilir.



Şekil 1.4 Yeterli eğilme sünekliğine ve kesme dayanımına sahip olmayan yapının göçmesi (1990 Filipin depremi)

Şekil 1.5 de gösterilen durumda, perde duvarlar arasındaki birleştirici kirişler kısa açıklıkları nedeniyle büyük kesme kuvveti alırlar. Bu durumdan kurtulmak zor olmakla beraber kiriş içine çapraz donatıların yerleştirilmesi bir çözüm olabilir.



Şekil 1.5 Perdeler arasındaki bağ kirişlerin göçmesi (1964 Alaska Depremi)



Şekil 1.6 Betonarme çerçevede örülen tuğla duvarlardan kaynaklanan göçme

Bir betonarme çerçevedeki çerçeve içine örülen tuğla duvarlarda, deprem esnasında, kolonlardaki hasarlardan kaynaklanan kesme göçmesi olabilir. Şekil 1.6 da bununla ilgili bir durum gösterilmektedir.

Şekil 1.7 de ise, betonarme bir çerçevede kolon-kiriş birleşimindeki göçmelerle ilgili örnek gösterilmiştir. Burada birleşen dört eleman arasındaki zayıf nokta bu birleşim bölgesidir. Eğer bu bölge yeterli donatılmazsa depremde oluşan büyük kesme kuvveti nedeniyle büyük dayanım ve rijitlik kayıpları ve hatta toptan göçmeler meydana gelir.

Şiddetli depremlerde oluşacak büyük yer değiştirmeler düşünülerek yapılar sünek davranış gösterecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Bu durumda depreme



Şekil 1 .7 Kiriş – kolon birleşimindeki göçme (1990 Filipin Depremi)

dayanıklı yapı tasarımında, geleneksel olarak kullanılan yüklerden çok, depremde oluşacak yer değiştirmelerin karşılığı olan kuvvetlerin düşünülmesi tercih edilebilir. Sünek bir yapının depremde doğan yer değiştirmelerinin büyüklüğü dayanıma bağlı olacağından, dayanımın sağlanması önemlidir.

1.1.1 Deprem Tasarımının Limit Durumları

Yapının deprem için optimal değerlendirmesi, önlemler ile maliyet göz önüne alınarak yapılmalıdır. Deprem etki dereceleri büyük depremlerdeki minimum hasardan, can kaybına kadar farklı durumlarda olabilir.

1.1.1.1 Kullanılabilirlik Limit Durumu Binada küçük şiddetli deprem durumunda kullanılabilirlik devam etmelidir. Yapıda taşıyıcı ve diğer elemanlarda tamir gerektirecek hasar oluşmamalıdır. Bina elastik sınırlarda kalırken tüm yapıda depreme için yeterli dayanım olmalıdır. Bazı çatlamların olabilmesine karşın, hem geniş çatlaklar ile donatı akması hem de duvar ya da beton ezilmesi gerçekleşmemelidir. Binanın kullanım amacına göre kullanılabilirlik limit durumu değişir. İş merkezleri için elli yıllık periyottaki depreme göre tasarım yapılabilecekken, hastane, telefon santrali, itfaiye gibi hayati merkezlerin daha uzun periyotta oluşan depremlere göre kullanılabilirlik limit sınırları tayin edilmelidir.

1.1.1.2 Hasar Kontrollü Limit Durum Yapı, kullanılabilir limit durum için tayin edilen depremde daha şiddetli bir depremde bazı hasarlar görebilir. Bu hasarlarda çatlamlar veya beton ezilmeleri olabilir. Ancak bu durumda yapının hasarlı elemanı tamir edilebilir olmalıdır. Burada onarımın ekonomik olup olmayacağı kontrol edilmelidir. Bu tahmin edilen depremde sonra yapı onarılıp tam kullanıma açılabilir.

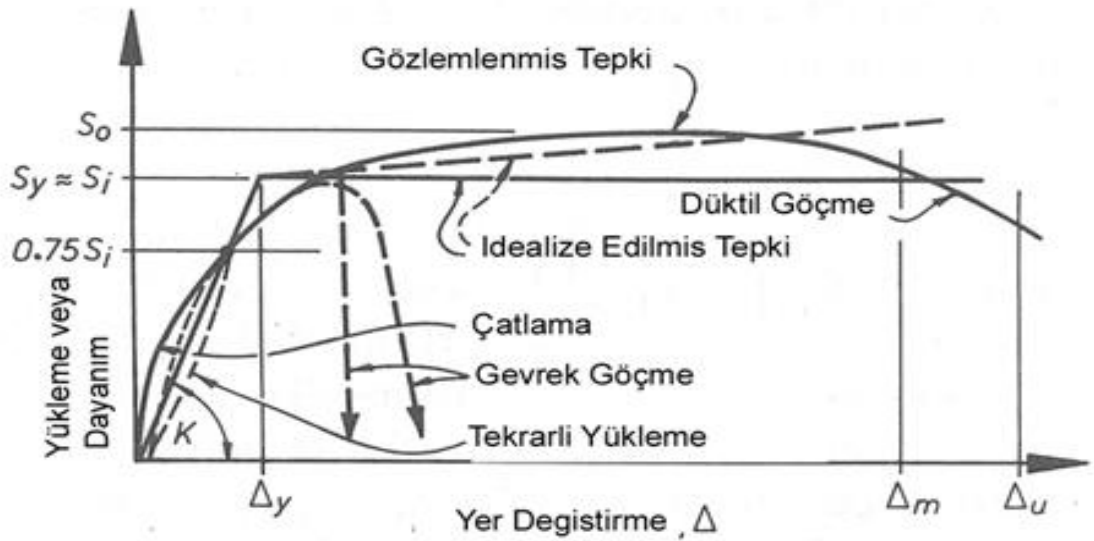
1.1.1.3 Ayakta Kalma Limit Durumu Modern tasarım stratejisinde en önemli vurgu can kaybının engellenmesidir. Bu, yapının toptan göçmesine mani olunması demektir. Şiddetli depremlerde bile tamir edilemez duruma gelen bina ve elemanlar olabilir ama toptan göçme olmamalıdır. Bu nedenle tasarımcılar büyük yatay kuvvet

dayanım kayıplarını engelleyecek ve düşey yük dayanımını devam ettirecek yapı niteliğini sağlamayı gerek şart olarak kabul ederler.

1.1.2 Yapı Özellikleri

1.1.2.1 Rijitlik Yatay kuvvetlerden oluşan yer değiştirmeler güvenilir mertebede ölçülse ve kontrol edilse bile, tasarımcıların gerçekçi bir rijitlik tahmini yapmaları zorunludur. Bu değer, yapıdaki yer değiştirmeyi sağlayan yük ve kuvvetlerle ilgilidir. Bu ilişki yapının elemanlarının geometrik özelliklerini ve elastisite modülünü kullanarak, yapı mekaniğinin birinci ilkesinden kolaylıkla bulunabilir.

Rijitlik hesaplanırken, iki bilineer yaklaşım tekniğinden birini kullanarak, S_y akma dayanımı, Δ_y akma yer değiştirmesi olmak üzere, idealleştirilmiş yük(kuvvet)-yer değiştirme grafiğinin eğimi rijitliği verir. $K = S_y / \Delta_y$ dayanım-yer değiştirme grafiğinde rijitlik hesaplanırken S_y değeri yerine $0.75S_y$ değeri alınarak hesap yapılır.



Şekil 1.8 Betonarme elemanda tipik yükleme- yer değiştirme ilişkisi

1.1.2.2 Dayanım Bina, depremde ortaya çıkan hareketlere karşı yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Elastik analize göre ele alınan deprem hareketlerine sebep olan deprem kuvveti ile yerçekimi kuvveti gibi diğer kuvvetleri birlikte göz önüne alarak elemanlara gelen yüke göre istenen dayanım değeri hesap edilir.

1.1.2.3 Süneklik Büyük hasarları en aza indirmek ve yanal kuvvetlere göre orta dayanımlı binaların ayakta kalmasını sağlamak için, şiddetli bir depremle büyük şekil değiştirmeler olduğu zaman bu yapılar başlangıç dayanım kapasitelerinin büyük bir kısmını yitirmemelidirler. Bu şekil değiştirmeler elastik limitin üzerinde olabilir. Bu özelliğe yapının sünekliği denir ve sünek bir yapı büyük yer değiştirmeler yapabilme ve enerji yutma kapasitesine sahiptir.

Süneklik limiti Δ_u limit yer değiştirmeye ulaşınca olur (Şekil 1.8). Bu değere ulaşıncaya bazen sünek göçme olabilir. Ama yapı ani göçmez. Sünek göçme ani göçmenin zıttıdır. Ani göçmede yapı taşıma dayanımını kaybeder ve yeterli uyarımı da yapmaz. Bu nedenden ani göçme ve dolayısıyla can kaybından korunmak zorunludur.

Yer değiştirme sünekliği, toplam yer değiştirmenin akma yer değiştirmesine oranı olarak da tanımlanır. $\mu = \Delta / \Delta_y > 1$ değeri toptan göçmeye yakın $\mu_u = \Delta_u / \Delta_y$ olur. Maksimum süneklik ($\mu_m = \Delta_m / \Delta_y$), μ_u 'yu aşmamalıdır.

Elemanların sünekliği ile yapı süneklik kazanır. İstenilen süneklik çeliğin çekme dayanımı ile kazanılır. Çelik basınç kuvveti aldığı anda gerekli önlemler ile yapıda burkulma etkisinin oluşmaması sağlanır.

Beton ve duvar malzemeleri gevreklerdir. Bu elemanlar basınca çalışırlar. Ana amaç beton ve çeliğin depremlerde birlikte çalışmasını sağlamaktır.

Yapıyı tasarlarken yapı davranışını bilmek, ekonomi sağlamak ve yapıdaki konstrüktif kurallar en az diğer yapı tasarım özellikleri kadar önemlidir.

1.2 Deprem Dayanımı İçin Yapı Sistemlerinin Esasları

Yapısal düzenlemede deprem davranışıyla ilgili olan rijitlik, dayanım, süneklik özellikleri ile birlikte görünüş, simetri, kütle dağılımı, düşey düzenlilik düşünülmesi zorunlu olan noktalardır. Yapı düzensizlikleri, yapı davranışında olumsuzluklara neden olur. Düzensizliğin pek çok kaynağı vardır. Mesela geometrideki ciddi değişiklikler, yük iletim yollarındaki süreksizlikler, dayanım ve rijitlik süreksizlikleri, açıklıklarla oluşan kritik bölgelerdeki bozulmalar, elemanların

alışılmamış özellikleri, yapıdaki girinti ve çıkıntılar, istenen veya varsayılan yapısal şekil değiştirmelerin engellenmesi bunlardan bazılarıdır.

1.2.1 Yatay Yük Taşıyan Taşıyıcı Sistemler

1.2.1.1 Çerçeve sistemler Kolon, kiriş ve döşemeden oluşur. Düşey yükleri kolayca taşır ve yanal yükler için belli bir kat sayısına kadar yeterli dayanıma sahiptirler.

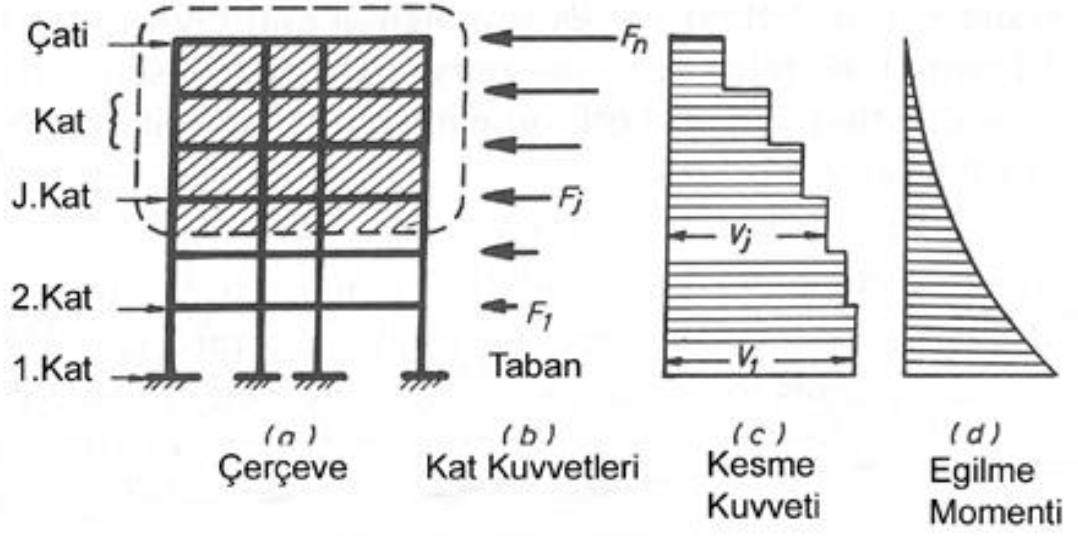
1.2.1.2 Perde sistemler Yanal yüklerin, betonarme veya yığma olarak yapılan taşıyıcı duvarlar ile karşılandığı sistemlerdir. Düşey yüklerin (G ve Q) taşınması diğer elemanlarla sağlanır ve duvarlar büyük düşey yük değerleri almazlar.

1.2.1.3 Karma sistemler: Yanal yükün hem çerçeve elemanları hem de perdelerle taşındığı sistemlerdir. Sistemler düşey yükleri de uygun biçimde paylaşırlar.

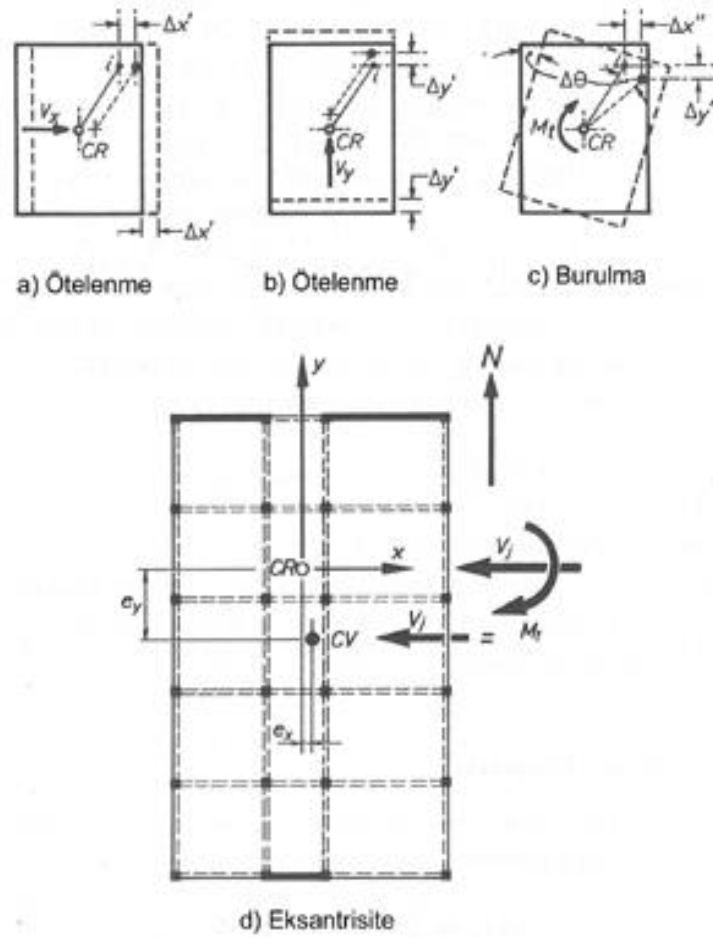
1.2.2 Toplam Deprem Tepkisi

1.2.2.1 Yüksekliğe göre davranış : Düşey bir konsol olarak bina: Bina sadece yanal yüklere maruz kalırsa, düşey konsol gibi davranacaktır. Yatay kesme kuvveti ve devrilme momenti oluşacak, bunlarda temele aktarılacaktır.

1.2.2.2 Plana göre davranış : Kütle ve Rijitlik Merkezleri: Yatay yük olarak gelecek bir V_j kuvvetinin her kat için ağırlık merkezinde toplanmış kat ağırlığına etki ettiği kabul edilir. Her kat için bu noktaya o katın kütle merkezi denir. Yatay yük taşıyan elemanların merkezine rijitlik merkezi denir. Yatay yük ile meydana gelecek yer değiştirmelerin rijitlik merkezine göre olduğu kabul edilir. İki asal doğrultuda hareket söz konusu olabilir. Her iki doğrultuda harekette eğer rijitlik ve kütle merkezleri çakışık değilse, binada istenmeyen burulma etkileri oluşur. Bu sebeple tasarımda kütle ve rijitlik merkezlerinin her katta olabildiğince üst üste getirilmesine önem verilmelidir.



Şekil 1 .9 Yanal kuvvetlerin yapıya olan etkisi

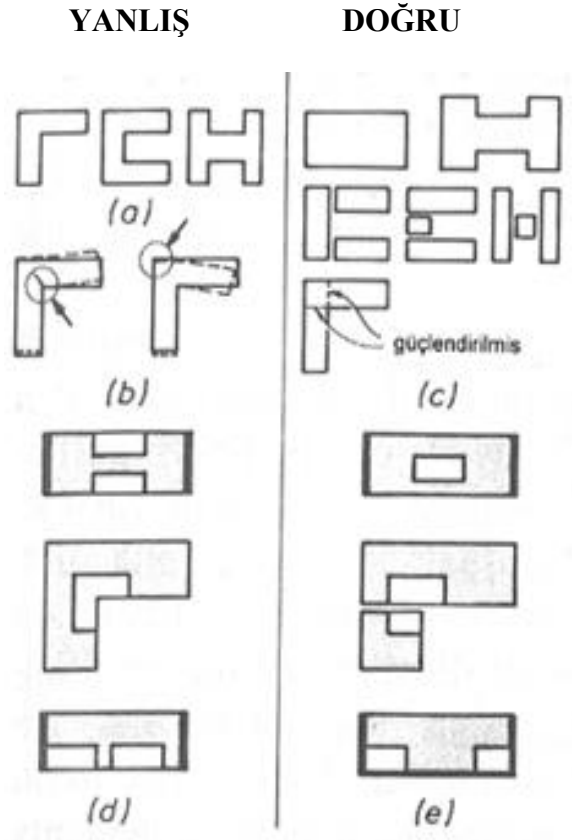


Şekil 1 .10 Göreceli Kat ötelenmesi

1.2.3 Taşıyıcı Sistem Düzeninin Deprem Davranışına Etkisi

Aşağıdaki temel prensipler deprem tasarımı için önemlidir.

1. Basit ve düzenli plana sahip yapılar tercih edilir. T ve L planlı yapılardan kaçınılmalı veya yapı uygun planlı bloklara ayrılmalıdır. (Şekil 1.11)
2. Mümkün olduğunca yapı simetrik olmalıdır. Aksi halde burulmaya yol açacağından bu tip yapılarda güvenliği sağlamak zordur. Depremde en çok bina köşelerinde hasarlar meydana gelir. Bu noktalar simetrinin zor sağlandığı yerlerdir, bu nedenle daha basit simetrik dörtgen planlar seçilebilir.



Şekil 1.11 Yapılardaki plan konfigürasyonları

3. Temeller bağlantı kirişleriyle bağlanmalıdır. Temellerin farklı zemin türlerine oturtulmasından kaçınılmalıdır.
4. Büyük rijitlik farkı bulunan perde ve çerçeve sistemleri içeren bir yapının yanal kuvvet dayanımı, her kat seviyesi için rijitlik dağılımı bozulmadan ayarlanmalıdır. Böylece istenmeyen burulma etkileri en aza indirilir.
5. Düzenlilik her katta hem geometrik bakımdan hem de kat rijitliği bakımından etkin şart olmalıdır.

Yukarıda tanımlanan prensipler aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

1.2.3.1 Kat Döşemesinin Diyafram Olarak Çalışması Yapı planında simetri ve basitlik depreme dayanım bakımından önemlidir. Doğru yerlere etkili ve oldukça rijit birleşimler yerleştirmek bir ön tedbirdir.

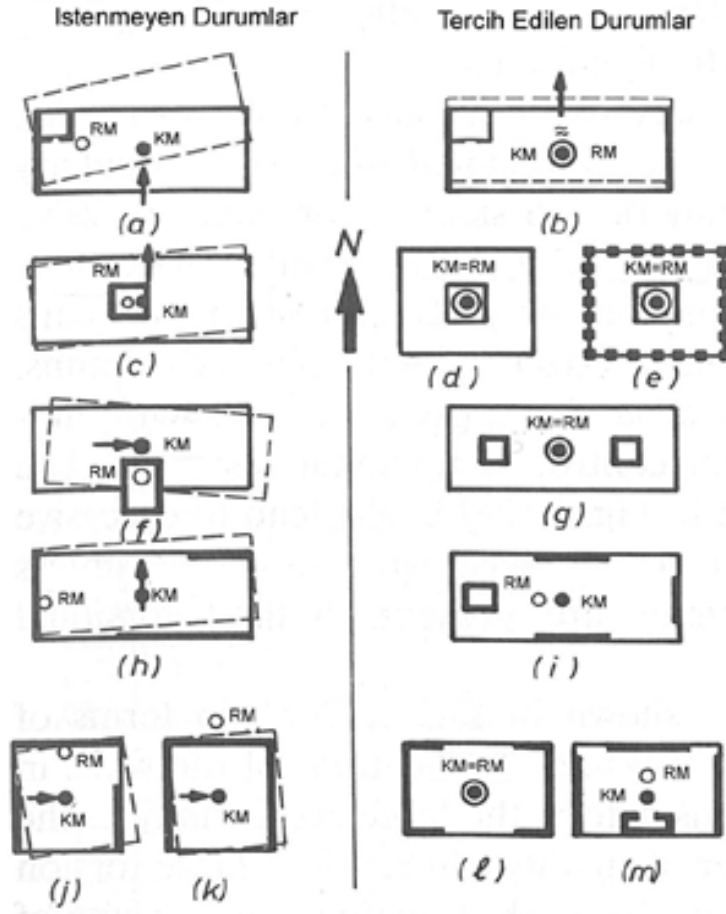
Depremde kat yatay ötelenmesi için döşemelerin diyafram olarak çalışması düşey taşıyıcı sisteme büyük rahatlık sağlar. Yatay diyafram ile her kata gelen deprem kuvveti, kat rijitliğinin artırılmış olması sebebiyle, daha az ötelenmenin elde edilmesini sağlar. Ancak Şekil 1.11(a) da ki gibi uzun ve açıklıklı sistemlerle bu elde edilemeyebilir. Şekil 1.11(b) deki gibi planlarda düşey elemanların yatay yer değiştirmeleri arasındaki ilişki daha güçlü sağlanır. Şekil 1.11(a) da ki sistemlerin daha ciddi hasarlar alması olasıdır. Bunun için bu yapıları ayırık bloklar şeklinde yapmak daha uygundur (Şekil 1.11(c)). Ayırık bloklar şeklinde inşa ederken çekiçleme (çarpması) durumunun oluşmaması için bloklar arasında yeterli derz aralıkları bırakılmalıdır.

Diyaframlar içinde bırakılan boşluklar yatay yük aktarımına olumsuz yönde etkili olurlar. Tavsiye edilen şekil 1.11(d) ve (e) deki planlardır.

1.2.3.2 Burulma Etkisinin Azaltılması Burulmanın mümkün olduğunca azaltılması, kütle ve rijitlik merkezlerinin üst üste gelmesi ile sağlanır.

Analizlere göre, bazı binalardaki burulmanın ihmal edilebileceği söylenebilir. (Şekil 1.12(c)). Ancak malzeme özellikleri, kesit geometrisi ve yer hareketlerinin etkisinden dolayı, tam simetrik olan binalarda bile burulma, teorik olarak oluşabilir. Bundan dolayı bazı standartlarda tesadüfi burulma etkisi diye tanımlanan bir değere izin verilir.

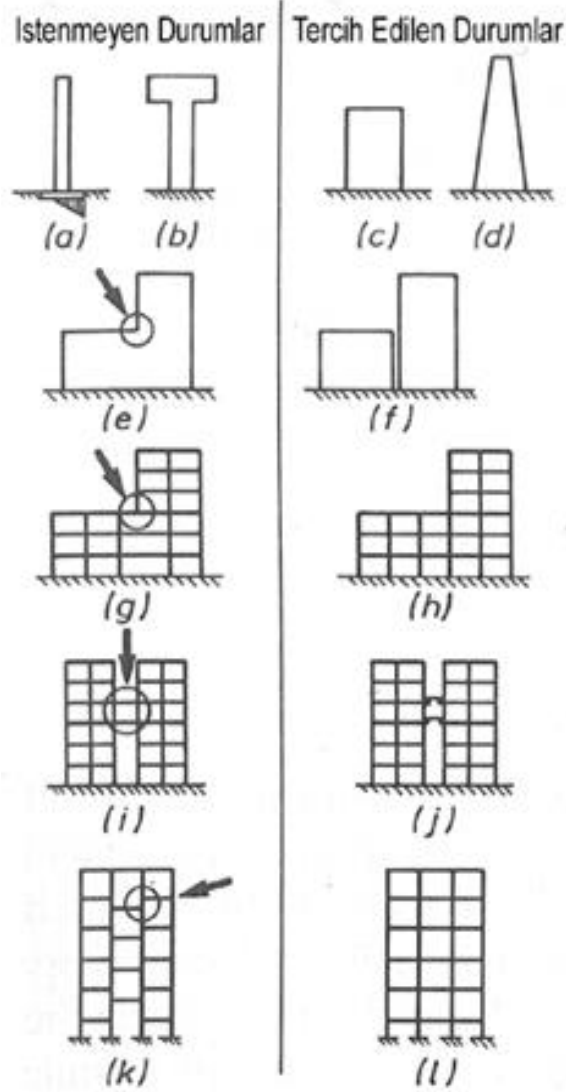
Yapılarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışması istenir. Ama buna ek olarak yapının cephelerinde her yöndeki hareketi sınırlayıcı elemanlar bulunmazsa, binada ciddi burulma etkisi gözlenir.



Şekil 1.12 Kat planlarında kütle ve rijitlik merkezi ilişkileri

1.2.3.3 Düşey Düzenleme Uzun ve narin yapılarda devrilme momentinin karşılanması için geniş temellere ihtiyaç duyulur. Üst katlarında plandaki alanı genişleyen yapılarda , bu geniş katların binanın tepesindeki bir kütlenin hareketi varsayımıyla yatay kuvvetten oluşan salınımlar dolayısıyla alt katlar ve temel için, zararlı olduğu söylenebilir. (Şekil 1.13 (b)) Bu tip yerine şekil 1.13(c) ve(d) tipleri tavsiye edilir. Katlar arasında plandaki ani büyüme veya küçülme nedeniyle, yapı hareketlerinin bu durumun olduğu katta ve yakın katlarda odaklanması sorunu ortaya çıkar. Bunun engellenmesi için yapı iki ayrı blok biçiminde tasarlanmalıdır.(Şekil 1.13(f)).Yapıya gelen yüklerin temele aktarımını engelleyecek yapısal düzensizliklerden kaçınılmalıdır. (Şekil 1.13 (g)).

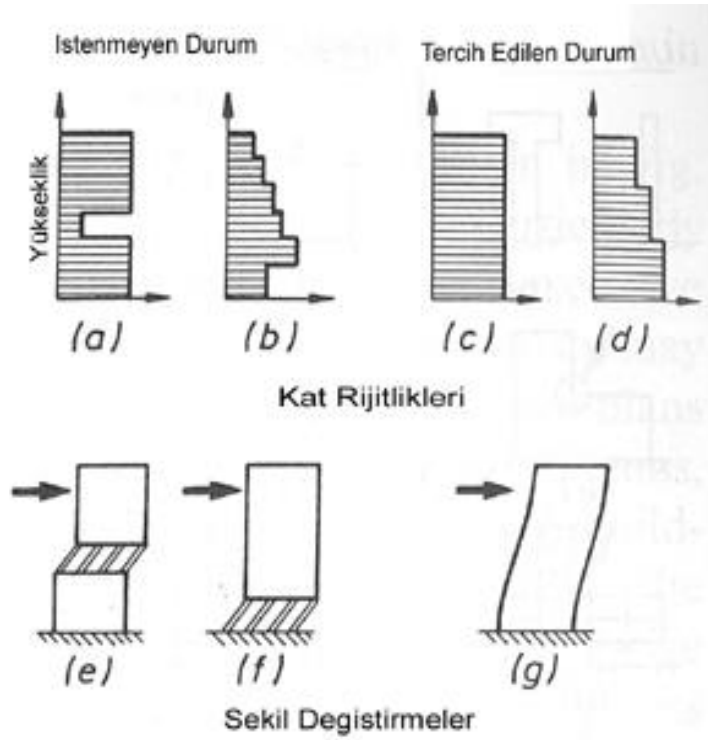
Birbiriyle üst katlarından bağlantı yapılan iki binanın birleşim köprüsünde yatay yüklerin aktarımının engellenmesi gerekir.Şekil 1.13(i)



Şekil 1.13 Düşey Düzenlemeler

Aynı seviyede olmayan yatay kat elemanları bunların birleştiği düşey elemanlarda önemli kuvvet kayıplarına sebep olur.(Şekil 1.13(k))

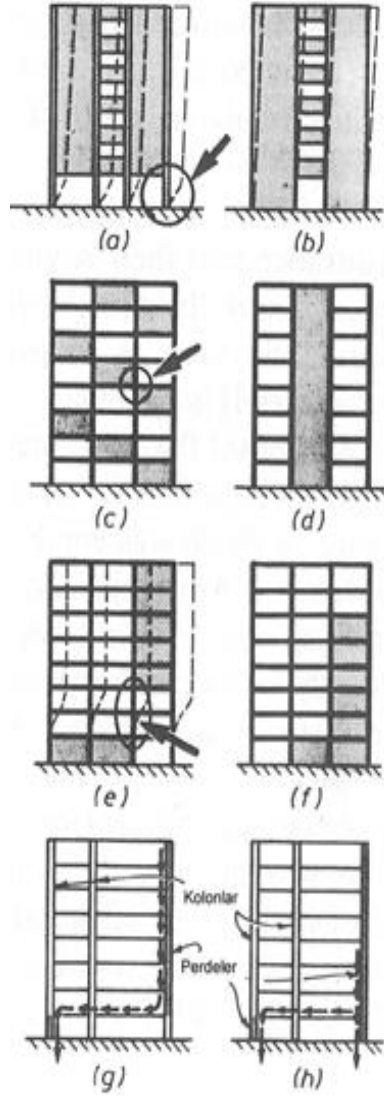
Düşey doğrultu boyunca rijitlik ve dayanım kapasitesinin değişimindeki büyük sapmalar yapının dayanımını zayıflatır ve tehlikeli durumlar doğurur. Ani rijitlik ve dayanım değişimleri, bu değişimin olduğu katta büyük plastik yer değiştirmelere sebep olur. Bu durum son depremlerdeki bina toptan göçmelerinin önemli nedenlerindendir. Çaresi sabit veya tedrici değişen kat rijitlik ve dayanımlarıdır.



Şekil 1.14 Birlikte etki eden çerçeve ve perdeler

Genelde tasarımcıların geniş alanlar oluşturmak için ilk katlarda rijitleştirici elemanların bazılarını kaldırmaları, bu katlarda ciddi rijitlik azalmasına sebep olur. Buda yumuşak kat düzensizliğine neden olur, (Şekil 1.15(a)). Düşeyde konulan perdeler ve bunlar arasındaki bağ kirişleri en çok tercih edilen deprem tasarımlarındandır (Şekil 1.15(b)).

Düşeyde, perdelerin sürekli bir konsol şeklinde tasarlanması çok iyi bir yanall rijitlik sağlar. Yapıya gelen deprem kuvvetlerinin zemine aktarılması gerekir. Bir düşey aksta tam aktarılamayan kuvvet, süreksizliğin olduğu katta başka bir düşey aks üzerinden devam ettirilmelidir. Ama bu çözüm burulmaya ve kat diyaframının büyük hareketlerine sebep olur. Bu etki, temellerdeki yüksek duvarlar kaldırılıp, küçük kısa duvarlarla kesme alınır, azaltılabilir. Ciddi hasarlara neden olan bir başka sebepten, yapıyı fazla rijitleştiren duvarlardır. Tuğla duvarlar ile kolonların etkin boyları azalacağı dolayısıyla da büyük rijitliklere ulaşacağına göre deprem etkisi daha fazla olacaktır. Ayrıca, ani göçme, öngörülen plastik mafsallık bölgeleri dışında kolonda da (özellikle orta bölgelerinde) meydana gelebilir. Bu taşıyıcı



Şekil 1.15 Yüksekliğe bağlı kat rijitliğindeki çeşitlilikler

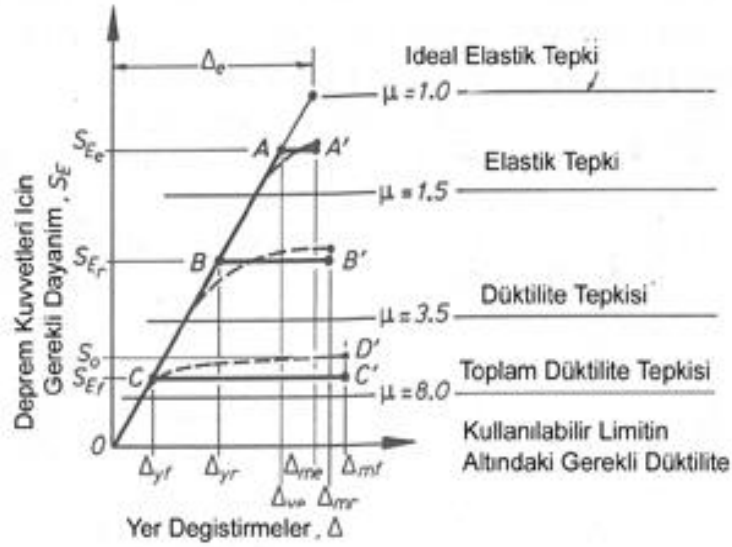
elemanların göçmesi, binanın toptan göçmesiyle sonuçlanabilir. Bu yüzden, tasarım için en önemli şeylerden biri, hem tasarımda hem yapımda, plastik sınırlar içinde yatay rijitlik elemanlarında yer değiştirmelerin engellenmemesidir.

Kritik bölgelerin süneklik tasarımları ve yapımdaki iyi işçilik gibi yapının uygun olarak inşa edilmesi yapının analizi kadar önemlidir.

1.2.4 Tasarım Süneklik Seviyesine Göre Yapısal Sınıflandırma

Yapının sünekliğine bağlı olarak hasar kontrol ve ayakta kalma kriterlerini sağlayacak üç farklı yaklaşım mümkündür. Şekil 1.16 da gösterilen bu

yaklaşımlarda, S_E yapının deprem dayanımı, Δ birbirleriyle ilişkili olan farklı deprem dayanımı seviyelerinde oluşan yer değiştirmedir .



Şekil 1.16 Dayanım ve süneklik arasındaki ilişki

1.2.4.1 Elastik Davranış Büyük önemlerinden dolayı, belirli binaların daima elastik davranış göstermeleri gerekir. Bununla birlikte daha az önemli yapılar elastik davranışı sağlayacak bir dayanıma sahip olabilirler. Normalde gerekli dayanıma göre tasarlanan yapıların kritik kesitlerinde plastik durum oluşabilir. Bunun nedeni, elemanların uygun olması durumuna rağmen, belirli malzeme dayanım özellikleri ve değişken dayanım azaltım katsayılarının kullanılmasıdır. Ekstra koruma bu durumda önemsiz plastik şekil değiştirmeler için olur. Bundan dolayı potansiyel plastik mafsallık bölgelerinin özel detaylandırılması için ihtiyaç oluşmaz. Hatta düşey ve rüzgar yüklerine göre tasarlanan yapı, belirli bir sünekliğe de sahip olabilir.

Şekil 1.16 ya göre de elastik durumun dayanım-yer değiştirme eğrisi OAA' eğrisidir. Maksimum yer değiştirme (Δ_{me}), ideal elastik yapının yer değiştirmesine (Δ_e) ve akmadaki gerçek yapının yer değiştirmesine (Δ_{ye}) çok yakındır.

1.2.4.2 Sünek Davranış Sıradan yapıların çoğu genelde elastik davranışta gelişecek yanal kuvvetlerden daha küçük kuvvetlere göre tasarlanırlar bundan dolayı plastik şekil değiştirmeler ve süneklik önemlidir. Süneklik, yapının dayanımına bağlı olarak, özel tasarım gerektirmeyen seviyeden, çok özel dikkat ve tasarım isteyen seviyeye kadar farklı şartlarda olabilir. Yapıların sünek davranışı iki alt başlıkta incelenebilir.

(i) Tam Sünek Yapılar : Bu yapılar dikkatlice belirlenmiş ve tasarlanmış plastik bölgelerde güvenilir şekilde maksimum potansiyel sünekliğe ulaşacak şekilde tasarlanırlar. İstenmeyen modların ve istenmeyen yerlerdeki plastik yer değiştirmelerin oluşmamasını sağlayacak dinamik tepkiler göz önünde tutulmuştur. Bu yapıların davranışı Şekil 1.16 da OCC' olarak gösterilen eğridir. Sünekliğin büyüklüğü $\mu_f = \Delta_{mf} / \Delta_{yf}$ ile tanımlanır. Δ_{mf} maksimum yer değiştirme, Δ_{yf} akma yer değiştirmesidir. S_{Ef} tam sünek sistem dayanımıdır. Daha gerçekçi bir yaklaşımsa OD' eğrisidir. Burada S_o maksimum yer değiştirmedeki dayanımdır ve S_{Ef} den büyüktür. Bu çalışmada amaç tam sünek yapıların tasarımıdır.

(ii) Sınırlandırılmış sünek yapılar: Bazı binalar perde duvarlar gibi elemanlarının varlığıyla yanal kuvvetlere karşı büyük yanal rijitliğe sahiptirler. Elastik davranış sınırları içinde düşey ve rüzgar yükü dayanımı deprem kuvvetini de karşılamaktadır. Diğer binalarda ideal düzenlemelerin yetersizliği sebebiyle küçük deprem tasarım kuvvetleri seçilebilmesine olanak veren büyük sünekliklerin sağlanması zor olabilir. Bu durumda süneklik kapasitesini azaltarak büyük yatay kuvvet dayanımı olan yapıları yapmak tercih edilebilir. Bu yapılara sınırlandırılmış sünek veya limitli sünek yapılar denir.

Şekil 1.16 da OBB' eğrisi bu tip yapı davranışını gösterir. Buradan $1 < \mu_r = \Delta_{mr} / \Delta_{yr} < \mu_f$ olduğu görülür. μ_r sınırlı sünek yapının sünekliği, μ_f tam sünek yapının sünekliğidir. Δ_{mr} , sınırlandırılmış sünek yapının maksimum yer değiştirmesi, Δ_{yr} , sınırlandırılmış sünek yapının akma yer değiştirmesidir.

Yapıların kritik sünek durumda olmaları nadirdir. Bu sebeple yapı şartnamelerinin, daha basit tasarım kombinasyonları içerdiği görülür.

Yapılar için kesin bir şey söylemek zordur; gerçek durum yukarıdaki durumlar arasında bir halde olabilir.

1.3 Tasarım

1.3.1 Tasarım Yükleri ve Kuvvetleri

1- Yükler: Yerçekimi etkisinden oluşur. Ölü yük, hareketli yük ve kar yükü tipik örnekleridir.

2- Kuvvetler: Rüzgar, deprem ve büzülme ile rötre olaylarından meydana gelir.

1.3.1.1 Ölü yükler (G) Yapıdaki sürekli yükler olarak tanımlanırlar. Katlarda, hareket ettirilebilen portatif duvarlar da ölü yük sayılırlar. Ölü yükler fazla alınarak hesap yapılır. Çünkü deprem tasarımında, kolon moment kapasitesini meydana getirebilecek deprem kuvvetlerini bu yerçekimi yük etkisi artırır.

1.3.1.2 Hareketli yükler (Q) Hareketli yükler, tahmin edilen kullanıma bağlıdır. Maksimum durumları, şartnamelerde olasılık tahminlerine göre tespit edilir. Genelde kata düzgün yayılı olarak etkidikleri kabul edilirse de tekil yükler olarak da alınabilir.

Kat alanına gelen hareketli yükler maksimum değerde alınırken, giriş ve kolonlarda azaltılmış değerlere göre hesap yapılır.

$$L_r = r \cdot L \quad (1.2)$$

$$r = 0.3 + 3/\sqrt{A} \leq 1.0 \quad (1.3)$$

L = şartname hareketli yük değeri

L_r = kolon yüksekliğince veya giriş uzunluğunca düzgün yayılı kabul edilen azaltılmış hareketli yük değeri

r = hareketli yük azaltma katsayısı

A = toplam taşıma elemanının alanı; 20 m^2 den küçük için $r = 1$ dir.

Ölü ve hareketli yükler eşdeğer kütle olarak alınabilir. Bunun için her katta kat döşeme ve elemanları ile katı üst ve alt katlara bağlayan kolonların yarıları alınarak eşdeğer kütle belirlenir.

1.3.1.3 Deprem kuvvetleri (E) Deprem yükü, eşdeğer statik deprem kuvveti olarak alınır. Bu teknik hem basit hem güvenlidir. Ancak kapasite tasarımında (sünek yapılarda) kullanılan teknik bu türetilen kuvvetlere bağlı değildir.

1.3.1.4 Rüzgar kuvvetleri (W) Yapıların yanal kuvvetleri genelde deprem göre kuvvetlerine ayarlanır. Ama yüksek ve oldukça esnek binalarda rüzgar kuvveti daha büyük olabilir. Bu rüzgar kuvveti ile uygun yerçekimi yüklerinin kombinasyonuna

göre yapının çoğu veya tüm elemanları için gerekli dayanım kontrol edilir. Depreme uygun tasarımdaki yanal kuvvetlerin şiddeti rüzgar kuvvetini de karşılayabilir. Bu sebeple halen çok katlı yapıların çoğunda kapasite tasarım prosedürlerinin uygulanması geçerlidir.

1.3.1.5 Diğer kuvvetler Sünme, rötre, sıcaklık etkileri de göz önüne alınabilir. Ama belli büyüklükleri olmalarına rağmen, yapı tasarımında küçük değerlerde kalırlar. Bu nedenle ihmal edilebilirler.

1.3.2 Yük ve Kuvvet Etkilerinin Kombinasyonları: Zorlar

Zorların hesap değerleri tesirlerin yük katsayıları ile çarpılmış değerleri yardımıyla hesaplanabilir. Tasarım eğilme momenti, kesme ve normal kuvvetler, uygun kombinasyonlar içinde yük ve kuvvetlerden oluşan etkilerdir. Gerçek yapının uygun bir modelinin, bu değerlerin uygun bir analizle kullanılmasıyla oluşturulması zorunludur. Kesit zorları taşıyıcı sistemin uygun modelinin hesap yük değerleri ile analizi sonucunda bulunmalıdır. Bu uygun kombinasyonlardan doğan toplam zora S_u denilirse,

$$S_u = \gamma_D S_D + \gamma_L S_L + \gamma_E S_E \quad (1.4)$$

gibi bir formül oluşturulur. S genel olarak dayanımı belirler. D, ölü yük, L hareketli yük, E, deprem yükü alt notasyonudur. γ_i ilgili yük katsayısıdır. (Türkiye’de TS 500 e göre $\gamma_D=1.4$, $\gamma_L=1.6$, $\gamma_E=1.0$ alınır. Eğilme momenti M_u için uygun kombinasyon formülü

$$M_u = 1.4M_D + 1.7M_L \quad (1.5a)$$

veya

$$M_u = 1.0M_D + 1.3M_L + 1.0M_E \quad (1.5b)$$

olarak alınır (Amerikan). Tasarım normal kuvveti P, bir kolon için

$$P_u = P_D + 1.3P_L + P_E \quad (1.6a)$$

veya

$$P_u = 0.9P_D + P_E \quad (1.6b)$$

alınır. Genelde ikinci olarak verilen kombinasyon formülleri deprem ve düşey kuvvetlerden oluşan eksenel kuvvetleri birbirine karşı olduğunda, kritik olurlar. Mesela ölü yükten dolayı basınç altındaki bir kolon, depremden dolayı eksenel çekme alabilir.

Düşey yükler ile yapının sünek davranışından kaynaklanan etkilerinin birleştiği yer olan plastik mafsallarda oluşacak aşırı zorlanma için belli bir yedek dayanım gereklidir. Bundan dolayı, göçme olmaması için limit duruma uygun kapasite tasarım prosedürlerinin kullanıldığı yerlerde, hareketlerin aşağıdaki yük kombinasyonları kullanılabilir:

$$S_u = S_D + S_L + S_E \quad (1.7a)$$

ve

$$S_u = 0.9S_D + S_{E0} \quad (1.7b)$$

S_{E0} , ilgili plastik bölgelerin depremde meydana gelen hareketten kaynaklanan aşırı dayanımı belirtir .

1.3.3 Dayanımların Tanımlanması

Dayanım, bir yapının veya bir elemanın veya belirli bir kesitin yük ve kuvvetlere karşı kapasitesi olarak ifade edilir.

1.3.3.1 Gerekli Dayanım (S_u) Tasarım aşamasında belirlenen yük ve kuvvetlerin uygulanmasından doğan dayanımdır. Tasarımın esas amacı, tasarım dayanımı veya istenen dayanım olarak da adlandırılan bu dayanımın sağlanmasıdır.

1.3.3.2 İdeal Dayanım (S_i) Göçme için kullanılabilir limit durumunda yapı eleman yada kesitin dayanımı olarak tanımlanır. Eleman boyutu, beton cinsi ve kesit detayları ile şartnamelerdeki malzeme özelliklerinden bulunur.

Gerekli dayanım ile ideal dayanım arasında

$$S_i \geq S_u / \Phi \quad (1.8)$$

bağıntısı yazılır. Φ , azaltma katsayısıdır. $S_i = S_u / \Phi$ çok nadir olabilir. İdeal dayanım S_i , sıklıkla gerekli dayanımı (S_u) aşar.

1.3.3.3 Olası dayanım (S_p) Genel olarak eleman özelliklerinden kaynaklanan ve S_i den büyük olan dayanımdır. İnşaat esnasında yapılan rutin testlerden bulunur veya aynı malzemeler için önceki deneyimlerinden

$$S_p = \Phi_p S_i \quad (1.9)$$

olarak yazılabilir. Φ_p , olası dayanım katsayısıdır ve 1'den büyüktür. Mevcut bir yapının dayanımını tahmin ederken veya seçilen bir deprem kayıtlarına göre bir yapının muhtemel davranışının tahmininde time-history deprem analizi düşünüldüğünde, olası dayanım sıklıkla kullanılır. Tasarımda, olası dayanımın ideal dayanımın yerini alması dolayısıyla, dayanım azaltım katsayısı, ideal dayanımdan çok gerekli dayanımla ilgili olur.

1.3.3.4 Aşırı Dayanım (S_o) : Bir kesitin aşırı dayanımı, ideal veya nominal değeri aşan dayanıma katılabilecek tüm olası katsayıları hesaba katar. Bunlar, belirli akma dayanımından büyük olan çelik dayanımı, büyük şekil değiştirmeler ile pekleşmeden dolayı çelikte oluşan ek dayanım, belirli bir yaştaki yapının belirlenen değerinden daha büyük olan beton dayanımı, enine donatı ile betonda hesaplanmayan basınç

dayanımındaki artış ve gerilme oranı gibi etkililerdir. Aşırı dayanım ile ideal dayanım arasında aşağıdaki ilişki yazılabilir:

$$S_o = \lambda_o S_i \quad (1.10)$$

λ_o , eleman malzemelerinin artan dayanımına bağlı olan aşırı dayanım katsayısı.

Gevrek elemanların, sünek elemanların maksimum dayanımından fazla dayanıma sahip olması zorunlu olduğu için, büyük süneklik gereği yapıya ortaya çıktığı zaman, bu katsayı tasarımda hesaba katılması gereken önemli bir özelliktir.

1.3.3.5 Dayanımlar Arasındaki İlişkiler Genelde tasarımda kullanılan S_i dayanımı ile diğer dayanımlar arasında aşağıdaki ilişkiler yazılabilir,

$$S_i \geq S_u / \Phi \quad (1.8a)$$

$$S_p \geq \Phi_p S_i \geq \Phi_p S_u / \Phi \quad (1.9a)$$

$$S_o \geq \lambda_o S_i \geq \lambda_o S_u / \Phi \quad (1.10a)$$

Örneğin, $\Phi=0.9$, $\lambda_o=1.25$, $S_o > 1.39 S_u$ olduğu bir durumda, S_o aşırı dayanımı, gerekli dayanım (S_u)'dan %39 daha büyüktür.

1.3.3.6 Eğilme Aşırı Dayanım Katsayısı (Φ_o) Sünek yapıların tasarımında, dayanım hiyerarşisini ölçmek için, analitik modelin bir düğüm noktası gibi özel bir kesit için eğilmede bir elemanın aşırı dayanımı olarak $S_o = M_o$ alınması uygundur. Aynı kesit için sadece deprem kuvvetlerine göre gerekli eğilme dayanımı $S_E = M_E$ dir. Buradan

$$\Phi_o = S_o / S_E = M_o / M_E \quad (1.11)$$

oranı eğilme aşırı dayanım katsayısı olarak belirlenir. Daha önce geçen λ_o ve şimdi bahsedilen Φ_o olmak üzere iki aşırı dayanım katsayısı vardır. Bunlardan Φ_o , düğüm noktalarındaki dayanım oranlarını ifade ederken; λ_o , potansiyel bir plastik mafsalın kritik kesitleriyle ilgilidir. Kritik kesit ile düğüm noktasının çakıştığı depreme dayanıklı bir perde gibi bir yer için (1.8), (1.10), (1.11) eşitliklerinden $M_o = \lambda_o M_i = \Phi_o M_E$ ilişkisi ortaya çıkar ve buradan da

$$\Phi_o = \frac{M_o}{M_E} = \frac{\lambda_o M_i}{M_E} \leq \frac{\lambda_o (M_E / \Phi)}{M_E} = \frac{\lambda_o}{\Phi} \quad (1.12)$$

Bu eşitliğin anlamı, ΦM_i istenen dayanımın örnek olarak bir konsol perde temelinde M_E gerekli deprem dayanımıyla aynı olmasıdır. $\lambda_o = 1.25$ ve $\Phi = 0.9$ tipik değerleri için eğilme aşırı dayanım katsayısı $\Phi_o = 1.39$ olur. Φ_o 'ın, λ_o/Φ 'dan büyük olması, perdenin temel kesitindeki istenen eğilme dayanımının gerekli dayanımı aştığını gösterir (yani sadece deprem kuvvetlerinden kaynaklanan M_E devrilme momenti).

Φ_o , birinci olarak yerçekimi yükleri veya deprem kuvvetlerinin dayanımdaki etkinliğinin ölçüsü ve ikinci olarak seçilerek veya bir hata sonucu olarak, fazla yada eksik herhangi bir ilgili tasarım değerinin değerlendirilmesinde, yararlı bir belirteçtir.

1.3.3.7 Sistem Aşırı Dayanım Katsayısı (Ψ_o) Φ_o , yapısal modelin bir düğüm noktasında sadece deprem kuvvetleri için gerekli dayanıma göre eğilme aşırı dayanımını ölçer. Birbiriyle etkileşimli elemanlardan bir tanesinin toplam aşırı dayanımıyla, sadece özel deprem kuvvetleriyle aynı elemanlar için toplam istenen dayanımın karşılaştırılması aynı derecede önemlidir. Mesela, çerçeveli bir yapının bir katının tüm kolonlarının alt ve üst düğüm noktalarındaki kesitler için eğilme aşırı dayanımlarının toplam değerleri, toplam kat kesme kuvvetlerinden (Şekil 1.9'da V_j gibi) dolayı oluşan toplam kat momentleriyle karşılaştırılabilir.

Böylece, sistem aşırı dayanım katsayısı, bu durumda, aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\Psi_o = \frac{\sum S_o}{\sum S_E} = \frac{\sum \Phi_o S_E}{\sum S_E} \quad (1.13)$$

Bir örnek olmak üzere, n adet betonarme perde duvarı ile depreme dayanımı tam olarak sağlanan çok katlı bir bina düşünölsün. Kullanılan malzemelerin aşırı dayanım ve dayanım azaltım katsayıları sırasıyla, $\lambda_o = 1.4$, $\Phi = 0.9$ değerleri için eğilme aşırı dayanım katsayısı $\Phi_o = \lambda_o / \Phi = 1.56$ olur. Perde duvarların her birinin temel momentiyle ilgili olan bu katsayı verilen değerden daha az veya daha fazla olabilir. Eğer sistemin aşırı dayanım katsayısı;

$$\Psi_o = \frac{\sum_i^n M_o}{\sum_i^n M_E} = \frac{\sum_i^n (\Phi_o M_E)}{\sum_i^n M_E} \quad \text{değeri } 1.56' \text{ dan az olursa, bu durum}$$

yapının depremdeki dayanımının bozulduğunu belirtir. Eğer 1.56'dan büyük olursa, oluşan dayanımın, deprem için gerekli dayanımı aştığını bildirir. Temel tasarımında bu bilgiler önemlidir.

1.3.4 Dayanım Azaltım Katsayıları

Dayanım azaltım katsayıları Φ , hesaplarda, malzeme çeşitliliğinde, işçilikte ve boyutlarda belirli yaklaşıklıkları göz önüne almak için kullanılır. Ayrıca, yapı veya eleman göçmesi ile ilgili bilgi verir.

Böylece, bir yapının tümü için sadece ölü ve hareketli yüklere göre güvenlik faktörü aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\frac{S_i}{S_D + S_L} \geq \frac{S_u}{\Phi(S_D + S_L)} = \frac{\gamma_D S_D + \gamma_L S_L}{\Phi(S_D + S_L)} \quad (1.14)$$

Örneğin, $L=D$ için ve $\gamma_D=1.4$, $\gamma_L=1.7$ ve $\Phi=0.9$ değerlerine göre, ideal dayanım S_i 'ye göre, tüm yapının güvenlik katsayısı 1.72'ye ulaşır.

Yeniden düzenlenen bazı şartnamelerde, kesme ve süneklik gibi bazı belirli hareketlerde uygulanabilen dayanım azaltım katsayısı, beton veya çelik gibi malzemelerin her biri için ayrı ayrı tanımlanan dayanım katsayısı değerlerinin yerini almıştır. Dayanım katsayılarının kullanımı ile, ideal, gerekli, olası, aşırı dayanım değerleri arasındaki oluşturulan ilişkiler daha önce tanımlananlara benzerdir. Ancak, burada verilen denklemlerin kullanılması yerine, bu ilişkiler her durum için kullanılan basit ilk prensiplere göre kurulması zorunludur.

1.4 Kapasite Tasarımının Felsefesi

1.4.1 Ana Özellikler

Uzun yıllardır Yeni Zelanda'da büyük depremlere maruz kalan sünek yapıların kapasite tasarımı uygulamaları için prosedürler geliştirilmektedir. Bu felsefe mantıklı, deterministik ve basit yaklaşımlara dayanır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı için yapıların kapasite tasarımında sırasıyla deprem dayanımını sağlayan esas sistemin farklı elemanları seçilir, bu elemanlar uygun olarak tasarlanır ve büyük etkiler doğuran yer değiştirmeler altında enerji dağıtımına izin verecek şekilde detaylandırılır. Genelde plastik mafsallar olarak tanımlanan bu elemanların kritik bölgeleri plastik eğilmeye göre detaylandırılır ve kesme göçmesi uygun dayanım değeriyle kontrol altına alınır. Böylece, diğer tüm elemanların olası plastik mafsallar bölgelerinde olası maksimum kesit zoru değerinden büyük dayanım değerleri seçilerek, bu elemanlar göçmeyi oluşturacak etkilerden korunur.

Tam veya azaltılmış süneklik durumundaki bir elemanın dayanımı, elastik davranış şartındaki dayanımından oldukça azdır. Maksimum yer değiştirmedeki aşırı dayanım S_o , beklenen dayanımdır. Böylece plastik mafsallardaki şekil değiştirmelere dayanacak sünek elemanlar bu S_o dayanımına göre tasarlanır. Bu kapasite tasarımı prosedürleri, enerji dağıtımını için seçilen yöntemin devam edebilmesini sağlar.

Prosedür aşağıdaki özellikleriyle tanımlanabilir:

- 1) Potansiyel plastik mafsallar açıkça belirlenir. Bu bölgeler, pratikteki S_u değerine olabildiğince yakın eğilme dayanımına sahip olarak tasarlanır. Sonra bu bölgeler tahmin edilen süneklik değerine göre dikkatlice detaylandırılır. Bu özellik sık ve iyi düzenlenmiş enine donatılarla sağlanır.
- 2) Plastik mafsalları içeren elemanlarda olabilecek kesme göçmeleri veya aderans göçmeleri ve oynaklık gibi plastik yer değiştirmelerin istenmeyen modları, bu modların plastik mafsallarda, aşırı dayanım değerleri sağlanarak engellenir.
- 3) Gevrek veya enerji dağıtımını için uygun olmayan bölgeler aşırı zorlamalardan korunur ve deprem etkilerinde daima elastik kalacak şekilde tasarlanır. Bu nedenle, bu bölgeler depremin şiddetine ve plastik şekil değiştirmelerin büyüklüğüne

bakılmaksızın elastik kalacak şekilde tasarlanırlar. Bu yaklaşım, sadece yerçekimi yükleri ve rüzgar kuvvetine göre yapı tasarımı gibi bu elemanların geleneksel ve alışılmış usullere göre tasarımına olanak sağlar.

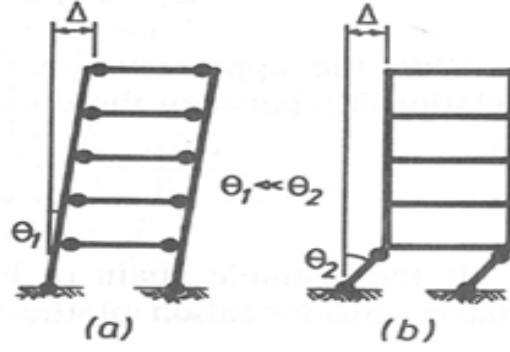
İstenen yanal kuvvet dayanımının sağlandığı için tasarım ve analizdeki yaklaşımlar yapının deprem performansını etkilemeden kullanılabilir. Kapasite tasarımındaki davranış, plastik yer değiştirmelere bağlıdır. Plastik bölgelerin yüksek kalitede detaylandırılması ile yanal kuvvet dayanımında azalma olmadan beklenen süneklik değerinde büyük değişimlerin oluşabilmesi sağlanabilir. Bundan dolayı kapasite tasarımlı sünek yapılar deprem nedeni ile yer değiştirmelere karşı aşırı toleranslıdır.

Kapasite tasarımı bir analiz değil, güçlü bir tasarım aracıdır. Tasarımcının, yapıya ne yapacağını söyleyebilmesini, sağlar. Tüm potansiyel plastik mafsallık bölgelerinin uygun tasarımı, yapının tasarımcının isteklerine göre yapılmasını olanaklı kılar.

1.4.2 Yapıların Kapasite Tasarımı

Kapasite tasarımı aşağıdaki ana basamaklardan oluşur:

- 1) Kinetik olarak kabul edilebilir bir plastik mekanizma durumu seçilir.
- 2) Seçilen mekanizmada, plastik mafsallarda minimum dönme ile sistemde olabildiğince en büyük ötelenme sünekliği sağlanmalıdır.
- 3) Seçilen mekanizmada plastik mafsallar gibi enerji dağıtımı için olan bölgelerin, oluşması kuvvetle muhtemel yerleri belirlenir.
- 4) Plastik mafsallarda maksimum olası hareketlerde oluşan aşırı dayanım durumunda, yapının tüm durumlar için elastik kalması istenen bölümlerinde plastik şekil değiştirmeler meydana gelmemelidir. Bu yüzden, elastik kalması istenen bu bölgelerdeki göçmenin sünek veya gevrek olması önemli değildir (Şekil 1.8). Plastik mafsallardaki hareketler, bu bölgelerdeki aşırı dayanımla ilgilidir. Diğer tüm bölgeler için gerekli dayanım ilgili plastik mafsalların aşırı dayanımına uygun dayanım değerini aşar.
- 5) Açık bir ayırım, doğaya, potansiyel plastik bölgelerin detaylandırma kalitesine ve her durumda elastik kalacak yerlere göre yapılır.



Şekil 1.17 Enerji dağıtım mekanizmalarının kıyaslanması

Şekil 1.17de gösterilen örnekte, tepe noktasında aynı Δ ötelenmesini yapan bir binanın iki durumu için (a) durumundaki dönmenin daha az olduğu görülür. Bu yüzden, istenen tam süneklığe (Δ), ilk kat kolonları yerine tüm kirişlerde oluşan plastik mafsallarla çok daha kolayca ulaşılır. Şekil 1.17 (b)de gösterilen yumuşak kat durumu da denilen kolon mafsal mekanizması, etkilenen bölgelerin iyi detaylandırılmasında bile, plastik mafsal dönmelerini etkileyebilir. Bu mekanizma son depremlerde çerçeveli binaların toptan göçmesinde büyük rol oynamıştır. Şekil 1.17 de verilen örnekteki durumda, kapasite tasarımının ilk amacı yumuşak kat olayının engellenmesi ve bir sonuç olarak Şekil 1.17 (a)da gerçekleşebilecek mekanizmayı sağlamaktır.

Süneklik için uygun detaylandırmayla birleştirildiğinde, kapasite tasarımı, mantıklı olarak seçilen plastik mekanizmaların sağlanmasıyla, optimum enerji dağıtımına olanak verecektir. Üstelik, daha önce ifade edildiği gibi, böyle tasarlanmış yapılar, gelecek büyük depremlerin etkileyebileceği süneklik isteğinin büyüklüklerine karşı aşırı toleranslıdır.

2 PERDELERİN KAPASİTE YÖNTEMİNE GÖRE TASARIMI

2.1 Giriş

Yapılarda düşey taşıyıcı olarak betonarme perdeler uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Bu perdeler yapı planı içinde uygun yerleştirilirse düşey yüklerinin taşınmasının yanı sıra taşıyıcı sistemin yatay etkilere karşı davranışına büyük katkıları olur. Belirli bir kat sayısına kadar betonarme perde teşkil edilip edilmemesi projenin isteğine bağlıdır. Ancak belirli bir katın üstünde betonarme perdelerin kullanılması hem ekonomik bakımdan hem de yatay yer değiştirmelerin sınırlandırılması bakımından zorunlu olmaktadır.

Deprem kuvvetlerinin büyük bir bölümü yani yatay kesme kuvvetleri bu tür perdelerle taşınır. Bu nedenle perdeler “kesme perdeleri ”olarak isimlendirilirler .

Deprem etkisinde bir taşıyıcının tasarımındaki temel kriter yeterli rijitlik , dayanım ve sünekliğin sağlanmasıdır. Taşıyıcı perdelerle teşkil edilen yapılar çerçevelerle teşkil edilen yapılara göre daha rijittir; bu nedenle hafif şiddetteki depremlerde şekil değiştirmeler küçük olup herhangi bir hasar oluşmaz. Zayıf detaylandırılmış perdelerde kesme göçmesi sonucu davranış gevrektiler. Bu nedenle birçok ülke yönetmeliğinde perdeli yapılar için daha düşük süneklik düzeyi öngörülmektedir. Orta şiddetteki depremlerde hasarın sınırlandırılması amacıyla taşıyıcının elastik davranış ötesi zorlanmasının sağlanması istenir. Bu ,perdenin belirli bir dayanımı olmasını gerektirir. Perdelerde ince (kılcal) çatlaklar ve donatının lokal sınırlı akmalara izin verilir. Eğer gerilmeler malzemenin dayanımının tespitinde kullanılan hesap dayanımına yakın ve daha az ise perde

rijitlikleri mevcut elemanların hasar görmesini önler. Çerçevelerde ise eğilme kapasitesi seviyesindeki zorlamalarda oluşan çatlaklar nedeniyle rijitlikte bir azalma olur olur , büyük yatay yer değiştirmeler ortaya çıkar . Ayrıca şiddetli depremlerde enerji yutulabilmesi için belirli bir süneklik gerekir.

Taşıyıcı perdelerde elastik olmayan davranış ve ileri sürülen hesap esaslarının sağlanabilmesi için aşağıdaki kabullerin sağlanması istenir :

1.Bu bölümde göz önüne alınan durumlarda perde temellerinin oluşan kesit tesirlerini yeterli devrilme güvenliği ile taşıdığı kabul edilir. Temellerde ve zeminde elastik ve plastik şekil değiştirmeler göz önüne alınmaz .

2. Diğer perdelerle göre birkaç perdenin birleştirilmesi ile teşkil edilen perdelerin rijitliğinin temele etkisi göz önüne alınmayacaktır.

3 .Her katta oluşan atalet kuvvetleri düzleminde etki eden kuvvetler altında bir levha olarak çalışan döşemeler vasıtası ile taşıyıcı perdelerle aktarılırlar.

4 . Düşey taşıyıcıları perdelerden oluşan bir yapıda yatay yük etkisinde konsol kiriş olarak davranan perdeler ya tekil veya gruplanarak göz önüne alınır. Diğer düşey elemanların taşıyıcılığı bu durumda ihmal edilir.

5.Bu bölümde de ele alınan perdelerin dayanımları birbirine dik iki eksen doğrultusunda ayrı ayrı göz önüne alınacaktır. Depremi keyfi doğrultuda etki etmesine rağmen bu iki esas doğrultu birbirinden bağımsız olarak kontrol edilecektir. Bazı durumlarda deprem etkisinin farklı eksenlerde etki etmesi durumunda incelenmelidir. Bu durumda eğik eğilme gibi genel yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

2.2 Perdelerle Teşkil Edilen Taşıyıcı Sistemler

Taşıyıcı sistemin seçiminin ve çeşitli hesap adımlarının çözümünün kolaylaştırılması amacıyla perdelerin planda yerleştirilmesi ve teşkili ile ilgili düzenlemeler aşağıda açıklanmıştır.

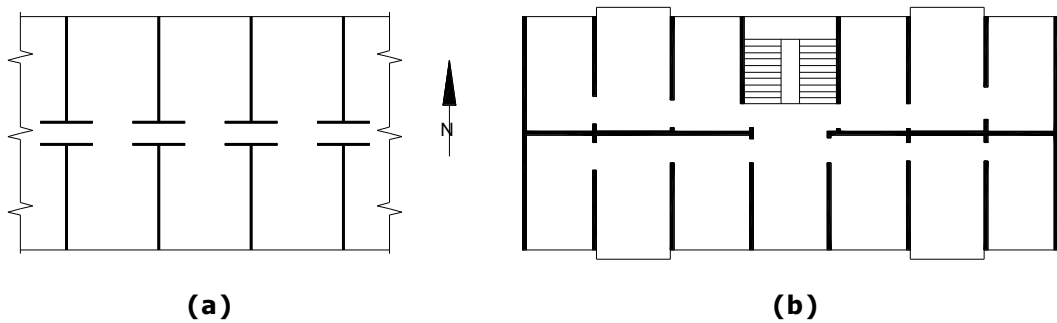
2.2.1 Perdelerin Planda Yerleştirilmesi

Bir yapıda yatay yükler etkisinde genellikle konsol olarak çalışan perdelerin devrilme momenti, kat kesme kuvveti ve burulma momenti kapasitesi bu perdelerin geometrik düzenlemelerine bağlıdır. Genellikle taşıyıcı perdelerin sayısı,yeri ve doğrultusunun seçiminde yapı kullanımı rol oynar. Optimum bir çözüm için proje başlangıcından itibaren mimar ve mühendislerin birlikte çalışması gerekir.

Deprem etkilerine karşı perdelerin teşkilinde rüzgar etkilerine göre teşkilden daha fazla isteklere cevap verilmesi istenir. Rüzgar kuvvetleri etkisinde taşıyıcı sistemin elastik davranması , ancak şiddetli depremlerde elastik olmayan plastik şekil değiştirmeler ortaya çıkması istenir. İyi bir taşıyıcı sistemde plastik şekil değiştirmelerin tüm alan üzerinde üniform dağılması sağlanır. Bu durumda şekil değiştiren elemanlarda yerel aşırı zorlamalar yerine üniform gerilmeler doğar.

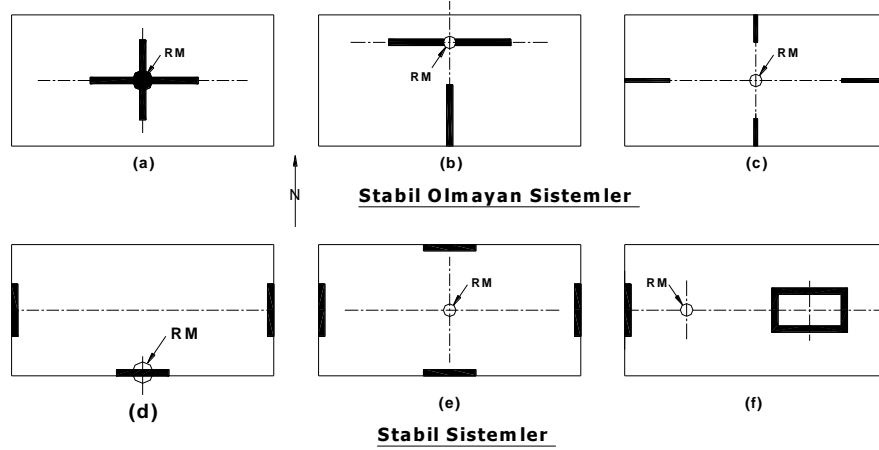
Konutlarda küçük alanlı hacimler kullanıldığı için düşey ve yatay yükleri taşımak üzere bu hacimleri bölen perdelerin teşkili mümkündür. Eğer her iki eksen doğrultusunda çok sayıda perde teşkil edilebiliyorsa genellikle perdeye etki eden kesit tesirleri oldukça küçük olacağı için şiddetli depremlerde elastik davranış için minimum bir donatı yeterlidir.

Şekil 2-1 (a) da ki gibi planda uzun doğrultuda yerleştirilen perdeler kapı boşlukları nedeniyle küçük parçalara bölünür. Konutlarda döşemeler genellikle ince olup perdeler arasında kiriş bağlantıları yoksa kesme kuvveti aktarımı sınırlı kalır . Bu durumda Şekil 2.1 (b) deki gibi bir düzenleme ile yapının uzun doğrultusunda önemli rijitlik artışı sağlanabilir.



Şekil 2.1 Otel ve Apartman yapılarındaki çeşitli perde düzenlemeleri

2.1 deki sistemde rijitlik ve kütle merkezi üst üste gelecek şekilde düzenlendiği için uygundur. Burulma mevcutsa perdeler hem eğilme hem de burulma rijitlikleri de göz önüne alınarak düzenlemelidir. Çoğu kez tüm taşıyıcı sistemin burulma rijitliğinin yanında birçok perdenin tekil burulma rijitlikler ihmal edilebilir.

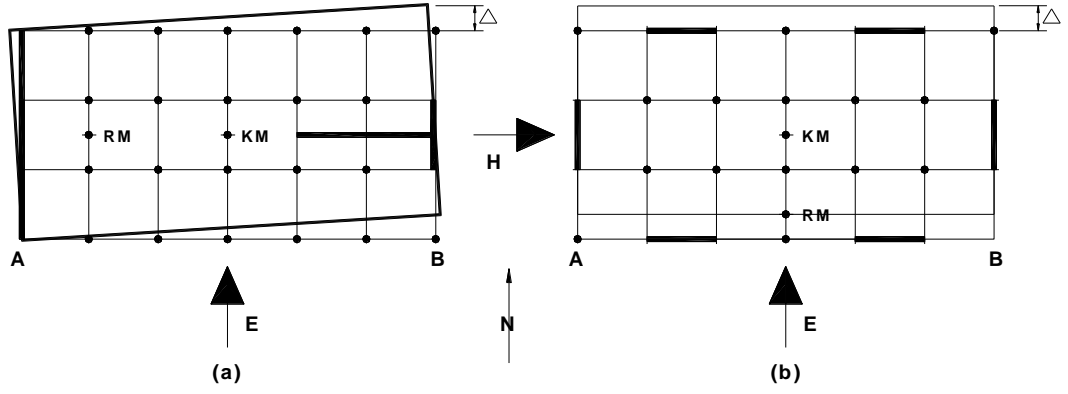


Şekil 2.2 Perdelerin burulma rijitlikleriyle ilgili örnekler

Şekil 2.2 (a) – 2.2 (b) – 2.2 (c) yatay yüklerin taşınması bakımından uygun olmayan sistemleri göstermektedir. Eksantrik olarak etki eden yatay kuvvet tekil duvarların zayıf eksenleri doğrultusundaki eğilme rijitlikleri tarafından taşınmak zorunda kalır. 2.2 (a) ve (c) deki sistemde ise ya çok az veya hiçbir burulma dayanım oluşmaz. Mevcut deprem yönetmeliklerinde minimum bir eksantrisitenin göz önüne alınması istenir.

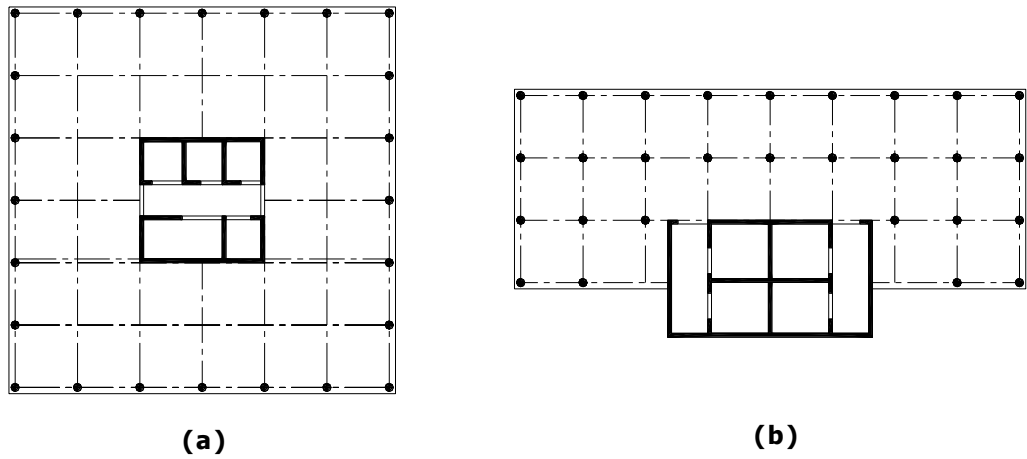
2.2 (d) – 2.2 (e) – 2.2 (f) de taşıyıcı sistem davranışı daha iyidir. Elastik olmayan perde sistemlerinin burulma davranışı Şekil 2.3 de gösterilmiştir. Uzun doğrultudaki E deprem etkisi her iki simetrik sistemde de uygun taşınır. Şekil 2.3 (a) da ki sistemde eksantrisite küçük olup T kesitli başlıkta elastik olmayan şekil değiştirmeler ortaya çıkabilirse de kısa doğrultudaki elemanlarda burulma dayanımı yeterlidir. E deprem kuvvetinin kısa doğrultuda etki etmesi durumunda bu kuvvet her iki sistemde de iki kenar perdesi yardımıyla kolaylıkla taşınır. 2.3 (a) da ki sistemde her iki perdede akma aynı moment etkisinde başlamaz. Boyu uzun olan A perdesi elastik kalırken boyu kısa olan B perdesinde plastik şekil değiştirmeler oluşur. Yapının dönmesi döşemenin düşey eksen etrafında dönmesine neden olup bu durumda sadece B perdesinde enerji yutulması sağlanır.

Şekil 2.3 (b) de ise her iki kenar perdede aynı moment etkisinde plastik şekil değiştirme oluşacağı için her iki perde de enerji yutulması sağlanır.



Şekil 2.3 Elastik olmayan perdelerin burulma dayanımı

Asansör boşlukları, merdiven kovaları etrafına inşa edilen betonarme perdeler büro yapılarında yatay kuvvetleri taşıyan ana elemanlardır. Bunların yanı sıra yatay kuvvetlere karşı dayanım artırılması istenirse 2.4 (a) da gösterildiği gibi cephede betonarme çerçeveler teşkil edilebilir. Merkezi olarak teşkil edilmiş bir çekirdeğin yeterli burulma rijitliği yoktur. Şekil 2.4 de gösterildiği gibi çekirdek eksantrik olarak teşkil edilirse de burulmaya göre uygun bir çözüm değildir.

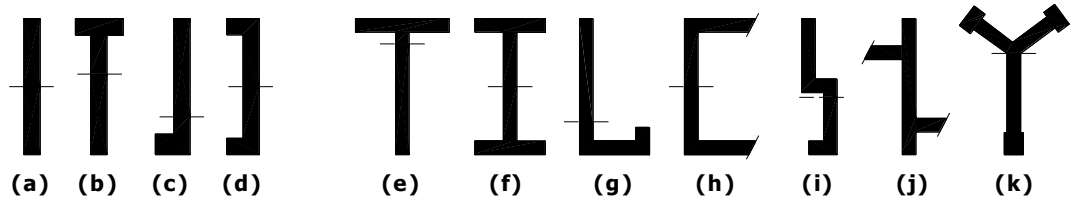


Şekil 2.4 Betonarme çekirdeklerle sağlanan yanal kuvvet dayanımı

Hacimlerin uygun kullanımı ve estetik nedenlerle betonarme perdeler her zaman dikdörtgen , daire , elips veya yıldız şeklinde düzenlenemezler. Bu tür sistemlerde tekil perdelerde kesit tesirlerinin dağılımına özellikle dikkat etmek gerekir. Bu durumda yukarıda açıklanan dikdörtgen sistemler için yazılan teşkil esaslarının yanı sıra burulma dayanımı için özel şartlar gereklidir.

Yatay yüklerin taşınması için perdelerin seçiminde aşağıdaki açıklanan 3 kurala da dikkat etmek gerekir.

1. Yapı cephelerine yerleştirilen perdelerin burulma rijitlikleri en fazladır. (Şekil 3.1 (a)) Bu amaçla perdeler cephelerde dolu perde veya boşluklu perde olarak teşkil edilebilirler.
2. Ağır yükler olabildiğince perdeler tarafından taşınmalıdır. Bu durumda eğilme donatısı azalacak ve temelin dönmesi önlenebilecektir.



Şekil 2.5 Genel perde kesitleri

3. Olabildiğince fazla perde teşkil edilerek temellerin uygun teşkil edilmesi sağlanmalıdır. Aksi halde bir veya iki büyük perdede ortaya çıkan yatay kuvvetler nedeniyle oluşacak gerilmeler temellerin çözümünü zorlaştırır.

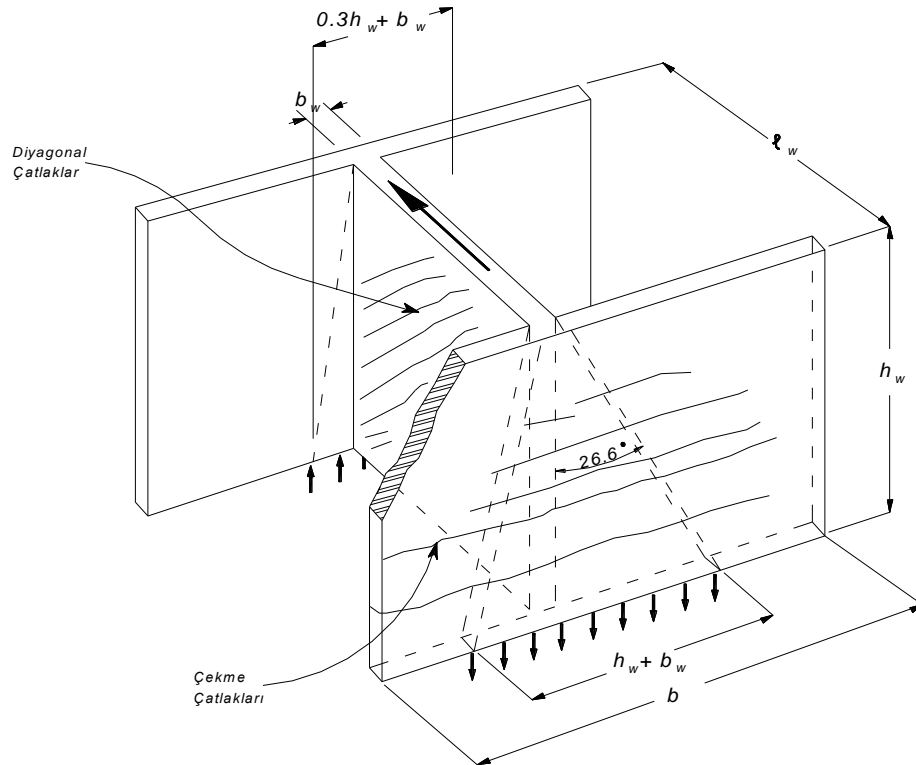
2.2.2 Perdelerin Teşkili

Genellikle konsol olarak çalışan perdeler eğilme momenti , kesme kuvveti ve normal kuvvette zorlanırlar. Bir yapıda yer hareketi nedeniyle oluşan kuvvetler kütlelerin toplandığı döşemelere etki ederler .Bu yükler etkisinde döşemeler bir levha gibi çalışır.

Tekil perdelerin birçok değişik şekli vardır. Bazı tipik şekiller Şekil 2.5 de gösterilmiştir. Minimum perde kalınlıkları kat yüksekliklerine, kesme dayanımına ve

perdelerin stabilitesine bağı olarak seçilir. Perde kalınlıklarının seçiminde deprem kuvvetleri ve perdenin stabilitesi rol oynar.

Şekil 2.5 (b) (c) ve (d) de görülen başlıklar enine kirişlerde kenetlenme boyunu temin ederler. Ayrıca eğilme donatısı için yeterli alanı sağladığı gibi perdeleri yanal burkulmaya karşı güçlendirilirler. Başlıklar basınç altındayken perdeler geniş bir süneklik gösterirler. Basınç başlıklı perdelerde donatılar nedeniyle büyük şekil değiştirme kapasitesi görülür. Şekil 2.5(e) ve 2.5 (g) deki L ve T şeklindeki perdeler her iki doğrultudaki deprem kuvvetlerine karşı koyabilirlerse de bu perdelerde sınırlı bir süneklik görülür. Şekil 2.5 (h) ve Şekil 2.5 (j) de görüldüğü gibi bazı başlıklar uzun enine perdeleri içerirler. Bu tür perdelerde taşıyıcının dayanımı hesaplanırken belirli bir genişlik göz önüne alınmalıdır. Basınç başlığının etkili uzunluğu normlarda verildiği gibi yani basit kirişlerde çalışan tabla genişliği hesabı gibi alınabilir.



Şekil 2.6 Perdedeki etkili başlık genişliği

Sünek perdelerde kayma hesabı için eğilme dayanımını belirlemek gerekir. Bu duruma elastik olmayan ötelenmeler esnasında çalışan çekme donatısı miktarı

etkili olur. Bu nedenle çekme başlığının genişliğinin olabildiğince doğru tahmini yapılmalıdır. Şekil 2.6 da yaklaşık geniş başlıklı perdelerde önerilen etkili genişlik gösterilmiştir. Bu kabulde düşey kuvvetlerin çekme başlığı içinde $1: 2$ ($26,6^\circ$) eğimle yayıldığı kabul edilir. Bu eğim basınç başlığı için $1 / 4$ olarak alınır. Şekil 2.6 deki gösterime göre çekme başlığının etkili genişliği

$$b_{\text{etkili}} = h_w + b_w \leq b \quad (2.1a)$$

basınç başlığının etkili genişliği

$$b_{\text{etkili}} = 0,3 h_w + b_w \leq b \quad (2.1b)$$

Her iki formülde elastik olmayan (plastik) durumda etkili genişliğin ortalama değerini vermektedir.

2.2.3 Narin ve Kısa Perdeler

Apartman blokları gibi çok yüksek olmayan yapılarda perdelerin en kesiti şekil 2.5 de gösterildiği gibi yükseklikle değişmez. Deprem kuvvetlerine bağlı olarak yüksek binaların üst katlarında dayanım azalır. Bundan dolayı şekillerde, özellikle perdelerin kalınlığı azaltılabilir.

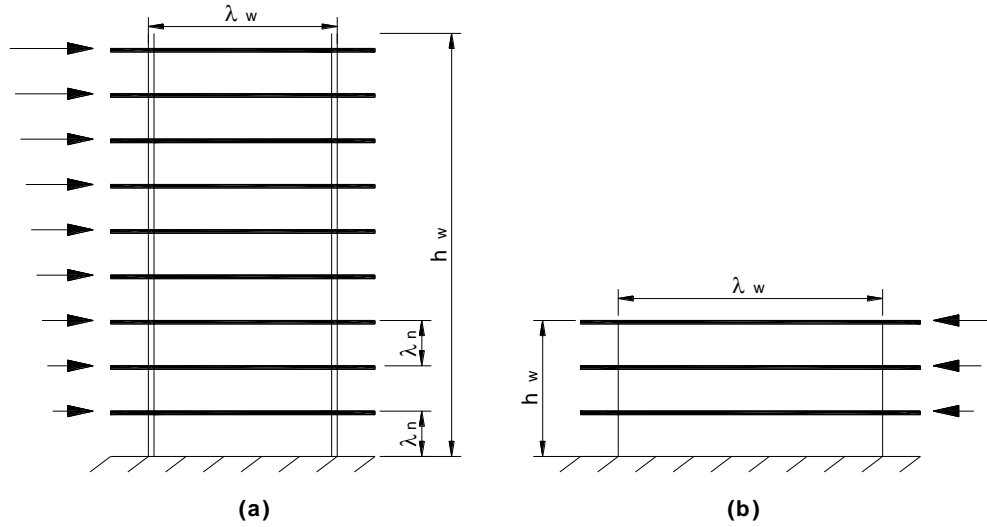
Narin ve kısa perde ayrımı önemli bir anlam ifade eder. Ayrımı h_w toplam perde yüksekliği ile l_w perde uzunluğuna bağlı olarak verilir.

$$h_w / l_w \geq 3 \quad \text{narin perde}$$

$$h_w / l_w < 3 \quad \text{kısa perde}$$

olarak tanımlanır.

2.2.3.1 Boşluksuz Perdeler Şekil 2.7 (a) da gösterilen birçok konsol perde betonarme kiriş – kolon gibi davranır. Kat döşemeleri levha gibi davranarak deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcılara iletirler. Döşeme kalınlığı perdeyi yanal burkulmaya karşı korur ve bu nedenle Şekil 2.5 de görüldüğü gibi ince perdelerin kullanılması mümkün olur.

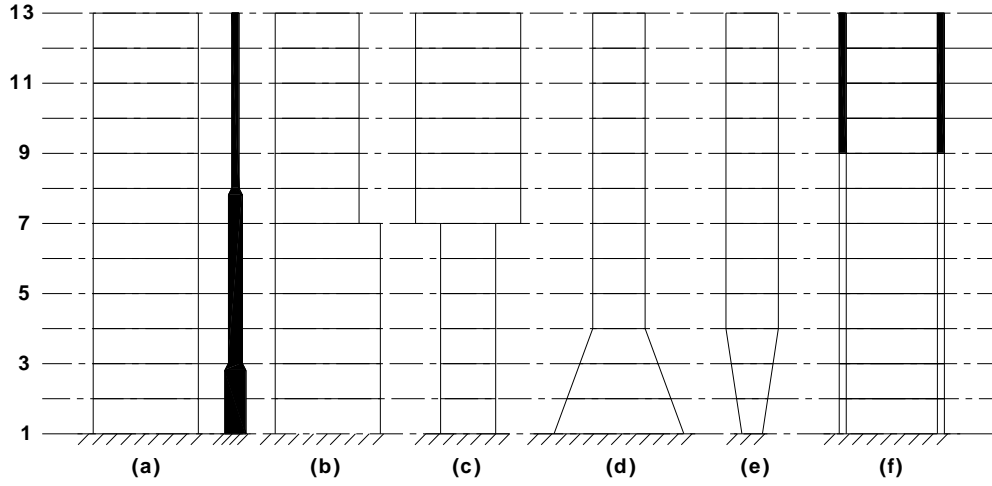


Şekil 2.7 Konsol Perdeler

Az katlı binalarda veya orta ve çok yüksek binaların alt katlarında Şekil 2.7 (b) deki perde tipi kullanılır. Minimum düşey donatı oranlarında bile perdelerin eğilme dayanımı çok fazladır. Kat yüksekliğinin az olmasından ötürü tabanda eğilme dayanımına erişebilmek için büyük kesme kuvvetlerine ihtiyaç vardır. Çeşitli depremlerde deprem etkisinde kısa perdelerde eğik çekme çatlağı olduğu görülmüştür. Enerji yutulması kuvvetli kesme etkisi ile azalmaktadır. Bu nedenle bu tür perdelerin arttırılmış eşdeğer kuvvet ve azaltılmış süneklik isteği göz önüne alınarak hesaplanması gerekir. Bu perdelerin plastik davranışı kesme kuvveti etkilerinden kaynaklanmaktadır. Bu durumda perdeler için kullanılan deprem kuvvetinin Z_1 katsayısıyla arttırılması gerekir.

$$1.0 < Z_1 = 2.5 - 0.5 h_w / \ell_w < 2.0 \quad (2.2)$$

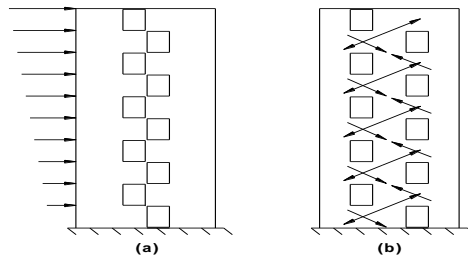
$h_w / \ell_w < 3$ olduğu durumlarda arttırma faktörü $Z \leq 2$ olmaktadır. Görüldüğü gibi orta yükseklikteki binalarda ve özellikle konut yapılarında perde uzunluğu ve başlıklarının genişliği bina yüksekliği boyunca sabit olmasına rağmen perde kalınlıkları üst katlara doğru azaltılır. Konsol perdelerin uzunluğu değiştikçe rijitlikte güçlü değişiklikler belirir. Şekil 2.8 (b) den (e)'ye kadar görülen perdelerde ani kesit boy değişiklikleri dikkate alınmalıdır. Şekil 2.8 (e) de plastik mafsallın oluşumu uygun olmayıp mafsallın uzunluğu küçük bir alanda kısıtlanır.



Şekil 2.8 Prizmatik Olmayan Konsol Perdeler

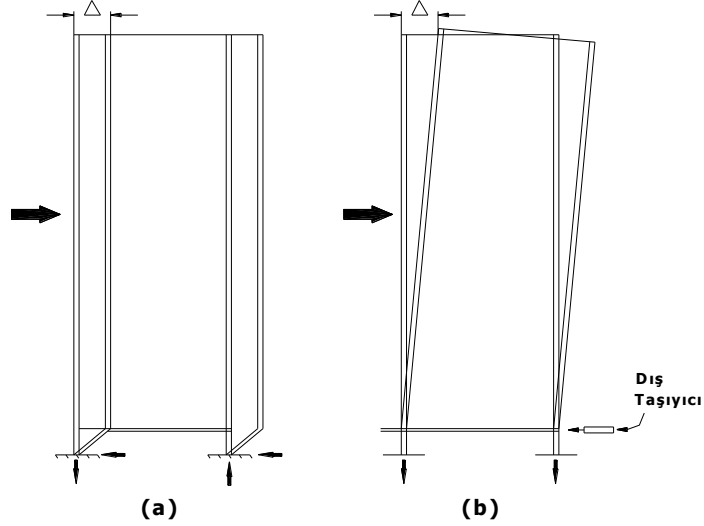
2.2.3.2 Boşlukları Bulunan Perdeler Bir yapıda hacimler arasındaki geçişi sağlamak veya pencere boşlukları için perdelerde boşluklar teşkil etmek gerekir. Bu durumda perde alanının azalmasıyla eğilme dayanımının gerekli dayanımdan az olmamasına dikkat edilmelidir. Benzer şekilde perdenin her iki doğrultuda kesme dayanımı da yeterli olmalıdır.

Merdiven aralıklarındaki pencereler bazen Şekil 2.9(a) da gösterildiği gibi düzenlenebilir. Bu durumda her iki taşıyıcının da yeterli sünekliğe sahip olmasını temin etmek zordur. 2.9 (b) de ki boşluk teşkilinde (açıklıkların birbirinden biraz daha uzak olduğu durum) basınç ve çekme diyagonalleri oluşabileceği için kayma davranışı kritik olmayacak ve perde alt ucunda mafsallara teşkiline imkan verecektir.



Şekil 2.9 Açıklıklı perdelerde kesme dayanımı

Bazı durumlarda alt katlarda konsol perdelerin Şekil 2.10 da görüldüğü gibi kolonlara taşıtılması istenir. Bu kritik bölgeyi zayıflatacaktır. Kesme kuvvetinin perdeden temele aktarımında yumuşak kat durumu ortaya çıkabilir.

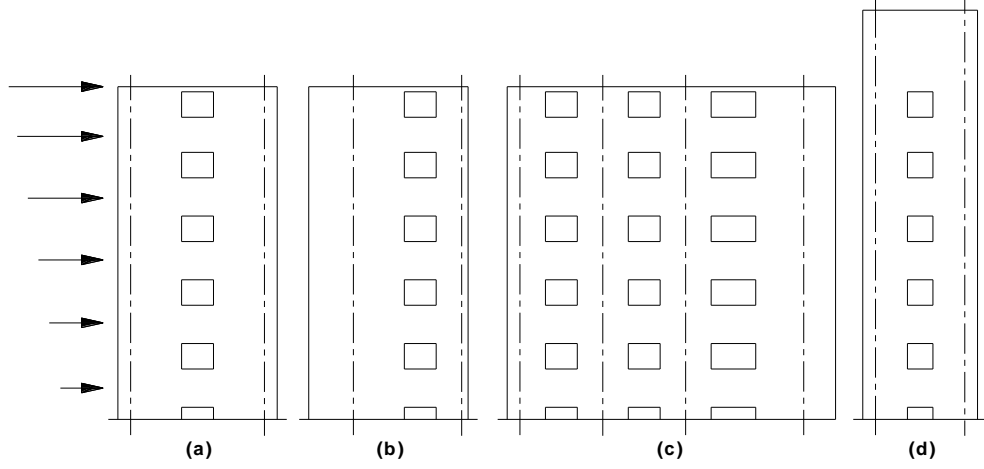


Şekil 2.10 Kolonlarla taşınan perdeler

Devrilme momentinden dolayı kolonlarda büyük eksenel kuvvetleri ortaya çıkar. Bu tür sistemlerden mutlaka kaçınılmalıdır. Şekil 2.10 (b) de gösterildiği boşluğun bulunduğu döşeme bir levha gibi çalışarak kesme kuvvetlerini diğer taşıyıcı yapı kısımlarına iletebilirse kolonların mesnet dönmeleri uygun olur ve kolonlardan beklenen süneklik azalır.

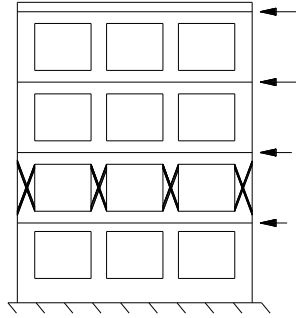
Boşluklu perdelerde açıklıklar belli bir düzende teşkil edilirlse çok iyi enerji yutabilen taşıyıcı bir sistem ortaya çıkmış olur. Şekil 2.11 de birbiri ile kirişlerle bağlanmış boşluklu perdeler gösterilmiştir. Açıklığı az ve yüksek bağlantı kirişleri perdelerden çok daha zayıftır. Baskın davranan konsol perdeler bağlantı kirişlerinde yeterli dönmeler oluşturarak bu kirişleri akma durumuna getirirler. Eğer bu boşluklar uygun şekilde detaylandırılırsa yapının tüm yüksekliği boyunca kirişler enerjiyi dağıtabilirler. İki benzer perde veya iki farklı rijitlikteki perde Şekil 2.11(a) ve Şekil 2.11(b) birbiriyle tekil kirişlerle bağlanabilir. Tüm katlardaki kirişler her katta farklı yükseklik ve genişlikte olabilir. Boşluklu perdeler asansör makine dairesi veya diğer donanımların bulunduğu çatı seviyesine kadar uzatılabilir. Şekil 2.11(d) de gösterildiği gibi bazı durumlarda perde çiftleri dolu perde gibi davranırlar. Deprem

dayanımındaki öneminden ötürü boşluklu perde analiz ve tasarımıyla ilgili detaylı bilgi bölüm 2.3.2 (c) de verilmiştir.



Şekil 2.11 Bağ kirişli perde tipleri

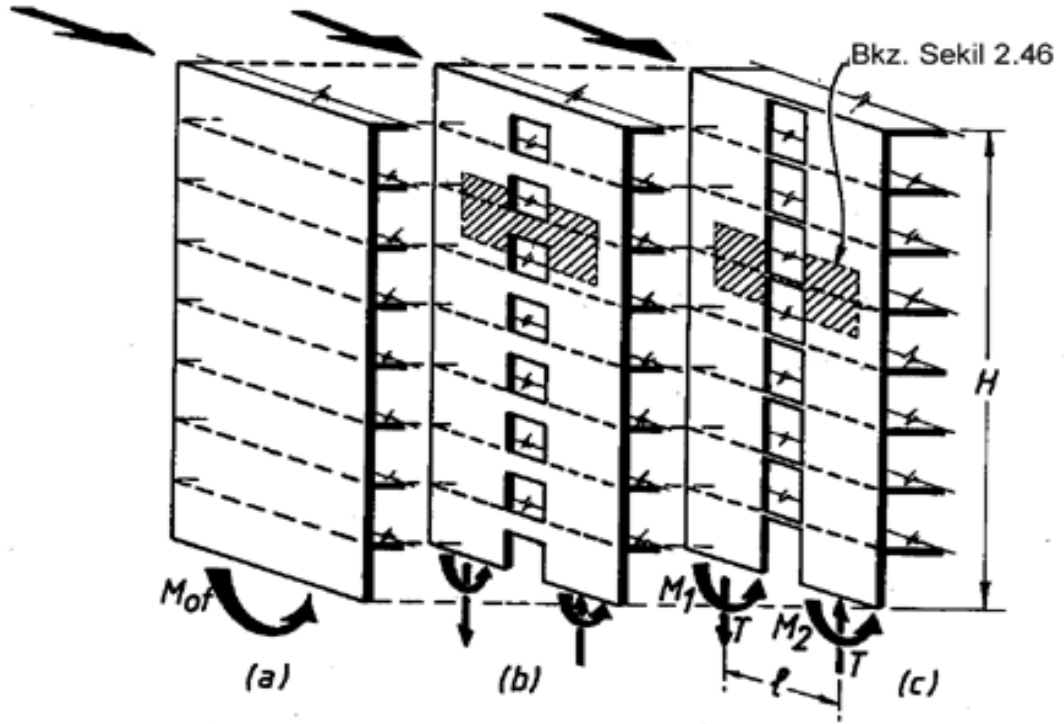
Orta yükseklikte veya yüksek katlı yapılarda bağlantı kirişlerinin güçlü teşkil edilmesi durumunda deprem dayanım bakımından istenmeyen bir yapısal sistem meydana gelir. Şekil 2.12 de görülen yapıda bağlantı kirişleri elastik kaldığı halde boşluklar arasındaki perde parçalarında mekanizma durumu oluşur. Eğer boşluklar arasındaki perde parçaları sünekliğe bağlı olarak donatılmamışlarsa kesme göçmesi oluşabilir. Enerji yutulması çok küçük kalır.



Şekil 2.12 Deprem dayanımında istenmeyen perde parçaları

Betonarme bir perdenin hesabında boşluklu bir perdede boşlukların bulunması halinin mi yoksa iki perde birleştirilerek teşkil edilmiş boşluklu perde durumunun mu göz önüne alınması gerektiği sorulabilir. Bu sorunun çözümü için bir konsol perde ile bir perde çiftinin karşılaştırılması gerekir. Şekil 2.13 de gösterildiği gibi toplam taşıyıcıya etki eden devrilme momentine karşı konsol perdenin

tabanında M momenti ve bundan dolayı eğilme gerilmeleri oluşur. Perde çiftinde ise momentlerle birlikte normal kuvvetlerde ortaya çıkacağı için denge denklemlerinden dolayı toplam devrilme momenti perde parçalarında oluşan momentlerle birlikte bu parçalarda oluşan normal kuvvetlerin momenti ile de taşınır.



Şekil 2.13 Perdelerde eğilme dayanımı mekanizmalarının karşılaştırılması

$$M_{ot} = M_1 + M_2 + \ell T \quad (2.3)$$

Normal kuvvetin büyüklüğü (Bir perdede basınç diğerinde çekme kuvveti) tüm bağlantı kirişlerindeki toplam kesme kuvveti ve bağlantının rijitlik ve dayanımına tabidir. Kuvvetli bağlantı kirişleri olan sistemlerde (Şekil 2.13(b)) A parametresi

$$A = \frac{T\ell}{M_{ot}} \quad (2.4)$$

rölatif olarak büyüktür. Bu tür sistemlerin davranışı Şekil 2.13(a) da gösterilen tekil konsol perdelerin davranışına yaklaşıır. Zayıf bağlantı kirişleri olan sistemlerdeki

(genellikle konut türü yapılarda sınırlı kat yüksekliği nedeniyle bağlantı sadece döşemelerle yapılabilmektedir) devrilme momenti hemen hemen M_1 ve M_2 momentleri tarafından karşılanır. A parametresi küçüktür ve her iki perdede rölatif olarak küçük normal kuvvetler ortaya çıkar. Bu durumda sistem iki ayrı konsol perde gibi davranış gösterir.

Bağlantı kirişli sistemlerin iyi enerji yutması nedeniyle normal perdelerde göz önüne alınan eşdeğer deprem kuvveti R azaltma faktörü ile çarpılabilir.

$$0,8 \leq R = \frac{1,33}{1 + A} \leq 1.0 \quad (2.5)$$

$$\frac{1}{3} \leq A = \frac{T_1}{M} < \frac{2}{3} \quad (2.6)$$

yani ötelenme sünekliği arttırılmış olur.

2.3 Perdeli Yapılarda Analiz

Perde kesit tesirlerinin statik veya dinamik hesabı için statik model teşkili gerekir.

2.3.1 Statik model Teşkili

2.3.1.1 Eleman Rijitliği Periyot , perdeler arası yanal kuvvetlerin dağılımı ve perdelerin yanal yer değiştirmesi betonarme perdedeki tüm elemanların rijitlikleri çatlamanın etkilerine izin verecek şekilde tahmin edilip belirlenmelidir. Yer değiştirme ve yanal kuvvet dayanımı perde rijitliğine bağlı olarak Şekil 1.8 de gösterilmiştir. Oldukça büyük yatay kuvvetler altında elastik perde sistemlerinin şekil değiştirmelerinin gerçekçi olarak bulunabilmesi için rijitliğin mutlak değerine ihtiyaç vardır. Çeşitli yük kombinasyonlarında şekil değiştirmeler için I_e eşdeğer atalet momenti alınabilir.

1. Temelin ve temel zemininin dönmesi ve kayması gibi şekil değiştirmeler bu çalışmada göz önüne alınmayacaktır. Bunlar sadece konsol perdelerin rijit yer değiştirme yapmasına neden olur. Eğilme ile zorlanan perdelerde eşdeğer atalet momenti çatlama kesitin atalet momentinin % 60 ı olarak alınabilir. Çatlama kesitin atalet momentinin hesabında donatı göz önüne alınmaz.

$$I_e = 0,60 I_g$$

Elastik bağılı perde çiftlerinde eğilme şekil değiştirmeleri ile birlikte normal kuvvetinde şekil değiştirmesi göz önüne alınırsa , çekme durumunda ;

$$I_e = 0,5 I_g \quad A_e = 0,5 A_g$$

basınç durumunda ;

$$I_e = 0,8 I_g \quad A_e = A_g$$

alınır.Burada A_g taşıyıcının brüt beton kesit alanıdır. Daha kesin bir hesap için

$$I_e = \left[0,6 + \frac{P_u}{f_c' A_g} \right] I_g \leq I_g \text{ bağıntısı kullanılabilir.}$$

Burada P_u : eksenel yüküdür.

2. Bağlantı kirişi diyagonal olarak donatılmışsa yüksekliği h ve açıklığı l_n olmak üzere ,

$$I_e = 0,4 I_g / [1 + 3 (h / l_n)^2] \quad (2.8 a)$$

Normal olarak donatılmış perde çifti kirişleri veya döşemeleri için

$$I_e = 0,2 I_g / [1 + 3 (h / l_n)^2] \quad (2.8 b)$$

alınabilir.

3. Komşu perdelerin yalnız kat döşemeleri ile bağılı olduğu durumlarda etkili döşeme genişliklerinin tahmininde Şekil 2.13 (c) perde genişliği b_w ’ ye ilave olarak perdeler arası temiz açıklığın veya döşeme kalınlığının 8 katının küçük olanı alınır. T perdeler kullanıldığında perde genişliği b_w yerine T perde genişliği b alınmalıdır.

4. h_w/ℓ_w oranı 4’ ten büyük olan konsol perdeler için kesme şekil değiştirmelerinin rijitliğe etkisi ihmal edilebilir. “Narin” ve “kısa” perdeden oluşmuş bir sistemde, kesme etkileri dikkate alınır. Eğer yanal rijitlik sağlanıyorsa basınçla zorlanan perdelerde $h_w/\ell_w < 4$ olduğu kabul edilir.

$$I_w = \frac{I_e}{1.2 + F} \quad (2.9 a)$$

$$F = 30 I_e / h_w^2 b_w \ell_w \quad (2.9 b)$$

h_w : perde yüksekliği

b_w :perde genişliği

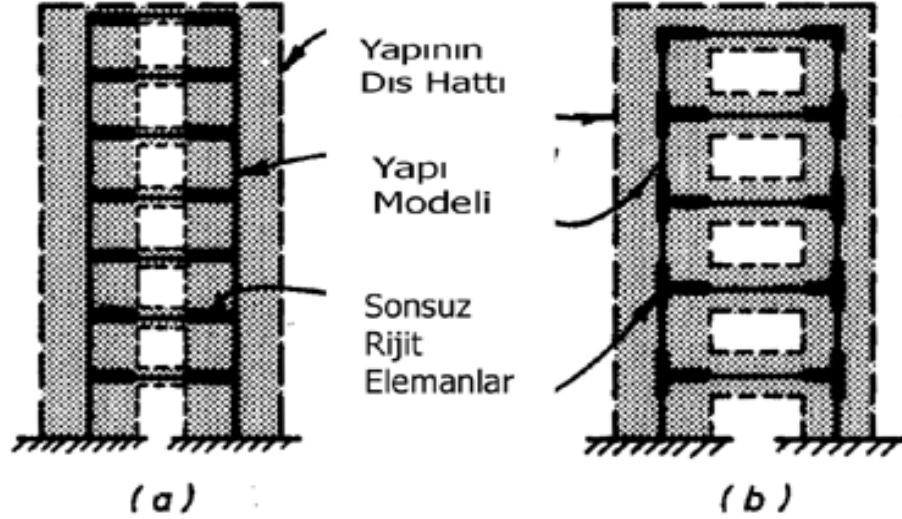
ℓ_w : perde boyu

Denklem (2.9) da ankraj (çekme) dan kaynaklanan etkiler için biraz tolerans bırakılmıştır. Şartnamelerde belirtilen eşdeğer statik yanal kuvvetlere bağlı kesit tesirleri yukarıdaki eşdeğer kesit özellikleri kullanılarak belirlenebilir. Fakat, yapısal olmayan bölümlerin ayırımında ve limitlerin kontrolünde ilave elastik olmayan etkiler için tolerans bırakmak amacıyla şartnamelerde belirtilen büyütme katsayıları kullanılmalıdır.

2.3.1.2 Geometrik Modelleme Konsol perdeler için kesit özelliklerinin perdenin düşey eksenini üzerinde yoğunlaştığını düşünmek uygundur. (Şekil 2.11). Bu eksenin brüt beton kesit alanının merkezinden geçtiği düşünülmelidir. Konsol perdeler her katta bir döşeme ile birbirlerine bağlandıklarında bu döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığını düşünmek yeterlidir. Perde kesme ve burulma şekil değiştirmelerini ve perde kesitindeki boşluklardan kaynaklanan rijitlik süreksizliklerini ihmal ederek, yatay kuvvet analizi şekil değiştirmelerini eğilme etkilerinin kontrol ettiği bir grup konsol perdeye indirgenebilir. İlk kurallara dayalı böyle bir analiz döşeme hareketine ve burulmasına maruz kaldığında her bir perdenin yaklaşık katkısına izin verebilir. Yaklaşık olmasına rağmen bu tarz bir elastik analizin statik denge koşullarını sağlaması ve elastik olmayan bir yapının perdeleri arasında uygun bir iç kuvvet dağılımına izin vermesi gerektiği unutulmamalıdır.

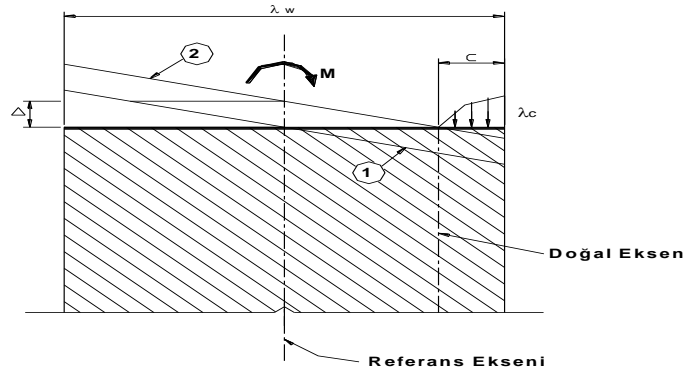
Şekiller 2.11 ve 2.12' de gösterilen perde çiftlerinde olduğu gibi aynı düzlemde bulunan iki veya daha fazla perde birbirlerine kirişlerle bağlandığında, kirişlerin perdelerle saplandığı bölgelerde daha büyük rijitlikler göz önünde

bulundurmak gerekir. Geometrik rijitlik modellemesinin hassaslığı değişebilir. Örnek olarak perde çiftlerinde normal kuvvetten kaynaklanan şekil değiştirmeler önemli olabilir ve bunlar perde çifti sistemi boyunca kesme aktarımını etkileyebilir. Eğilme çatlaması olduktan sonra bu tarz yapılarda eksenel şekil değiştirmeleri modellemek zor olabilir.



Şekil 2.14 Derin perde çerçeve elemanlarının modellenmesi

Şekil 2.15 oluşan güçlükleri temsil etmektedir. Kesit özellikleri perdenin referans ekseninde yoğunlaşmıştır ve sadece eğilme etkisinde brüt beton kesitin merkezi etrafında dönme beklenir (Şekil 2.15 eksen 1). Eğilme çatlamasından sonra aynı dönme eksen 2 ile gösterilen çatlamış kesitin doğal eksen etrafında ortaya çıkar ve bu referans ekseninden ölçülen Δ uzamasıyla belirlenir. Özellikle yapının dinamik karakteri değerlendirilirken bu şekil değiştirme hassaslığı etkileyebilir. Fakat, elastik olmayan tepki çerçevesinde bunun etkisinin küçük olduğu beklenmektedir. Çatlamış kesitin doğal eksen referans eksen alınarak daha hassas bir modelleme yapılmaya çalışıldığında ilave sorunların ortaya çıkacağı aşıkardır. Bu eksenin yeri değişen moment ve normal kuvvetten dolayı perde yüksekliği boyunca kayacaktır. Bu zorluklar sonlu elemanlar metodu analizi kullanılarak aşılabılır. Fakat, elastik olmayan tepki içeren deprem tasarımında bu yol nadiren uygulanır.

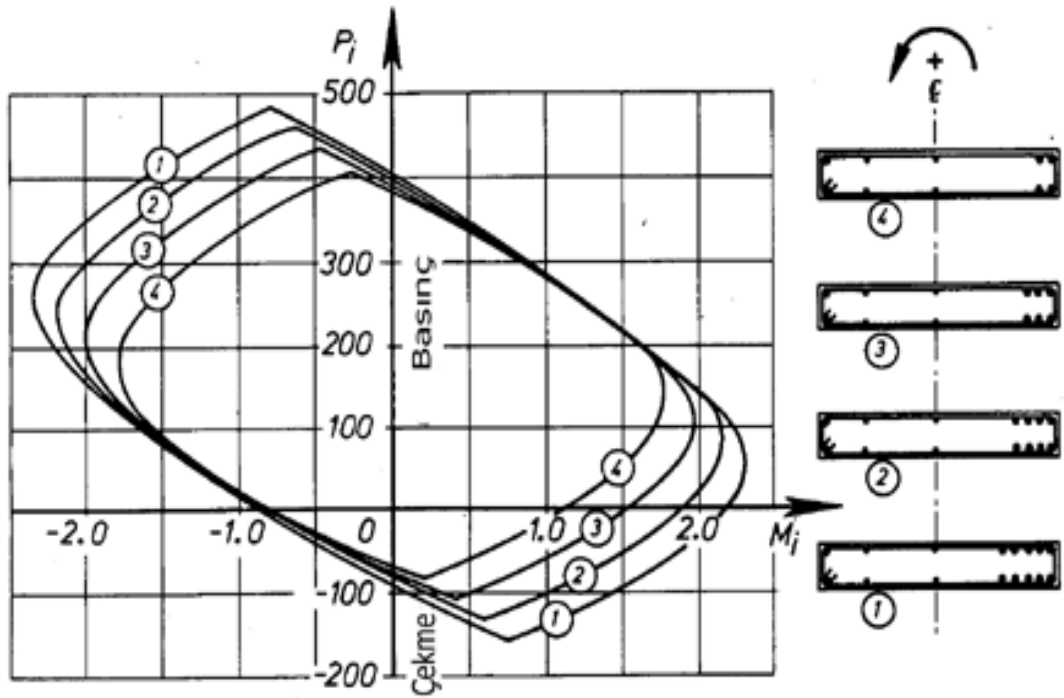


Şekil 2.15 Çatlamış ve çatlamamış perde kesitlerinde eğrilik etkileri

2.3.1.3 Perde Kesitlerinin Analizi Şekil değiştirmeler, gerilmeler veya perde kesitinin dayanımının hesabı, düzlem kesitin şekil değiştirmeden sonrada düzlem kalacağı hipotezi ile uyumlu olarak, geleneksel denge ve gerilme uygunluk kurallarına dayanılarak yapılabilir. Perde kesitlerinin çeşitliliğinden dolayı dikdörtgen kesitli kolonlar için kullanılan standart eksenel yük – moment etkileşim abakları gibi tasarım yardımcıları genellikle kullanılamaz. Genellikle, tasarımcı ana prensipleri kullanarak gerekli çekme donatısını hesaplamaya çalışacaktır. Kesit analizi için hazır programlar geliştirilebilir. Alternatif olarak çeşitli tip kesitler için ardışık yaklaşımlar kullanılarak elle hesaplar yapılabilir.

Eksenel yük ile birlikte eğilme etkisindeki perdelerin hesabında daha uzun bir analiz ve çok sıralı bir donatı yerleşimi gerekebilir. Bu tür bir perdenin basit bir örneği Şekil 2.16’da gösterilmiştir. Bu örnek tipik bir perde çiftinin (Şekil 2.11) bir perdesini temsil etmektedir. 4 tip donatı , yapının değişik dört yükseklik seviyesinde tasarım kuvvetlerini karşılamak amacıyla yerleştirilmiştir.

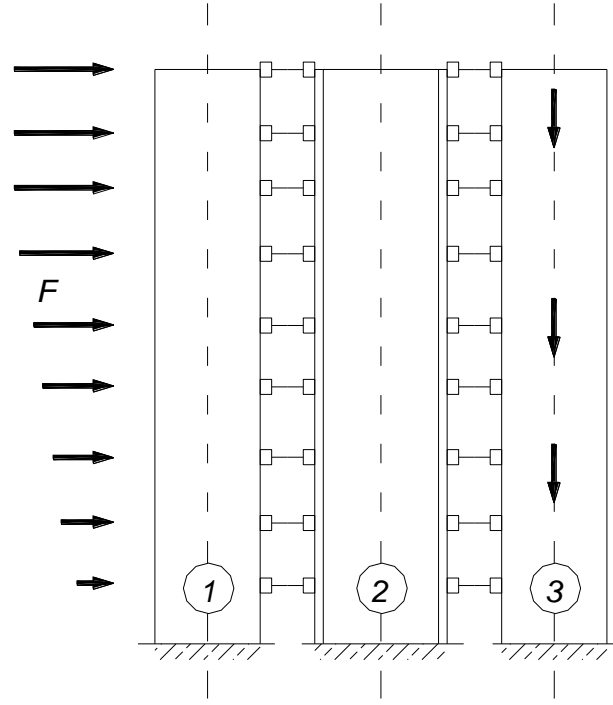
Momentler eksenel yük ve daha önceden belirtildiği üzere kompozit veya çatlamış kesit yerine brüt beton kesitinin merkezinden geçen referans eksenine göre alınan eksantrisitenin sonucu olarak bulunur. Kesit hesabında da aynı referans eksenin kullanılması beklenir. Çekme veya basınçta plastik merkezlerin perde kesiti aksıyla çakışmadığı açıktır. Dolayısıyla kesit boyunca üniform gerilme içeren maksimum çekme veya basınç dayanımı, perdenin referans eksenine göre eksantrik



Şekil 2.16 Simetrik Olmayan Dikdörtgen Perde Kesitlerinde eksenel yük – moment etkileşimi

etki eden eksenel kuvvetlerle bulunur. Böylece yapı sisteminin analizinden elde edilen momentlerin ve kuvvetlerin kullanılabilmesi mümkün olacaktır, çünkü her iki analizde de aynı referans eksenini kullanılmıştır.

Benzer eksenel yük – moment etkileşim ilişkileri farklı şekillerdeki perde kesitleri için oluşturulabilir. Şekil 2.17’de U şekilli bir perde kesiti için bir örnek gösterilmektedir. Analizde değişik momentler ve normal kuvvetler için doğal eksenin yerini belirlemek uygundur. Böylece, uygun dayanımların oluşturulmasına dahil olan süneklik eğrileri için direk bir yoldur. Bölüm 2.4.3(b). Eksenel yük P_i Şekil 2.17’de gösterilenden çok daha küçük limitler dahilinde değişeceğinden dolayı tasarımda bu ilişkinin sadece küçük bir bölümünün üretilmesi gerekir. Küçük eksenel basınç ve çekmeye maruz perdelerde lineer enterpolasyon çoğu zaman yeterli olacaktır.



Şekil 2.18 Birlikte etki eden Perdelerin Modellemesi

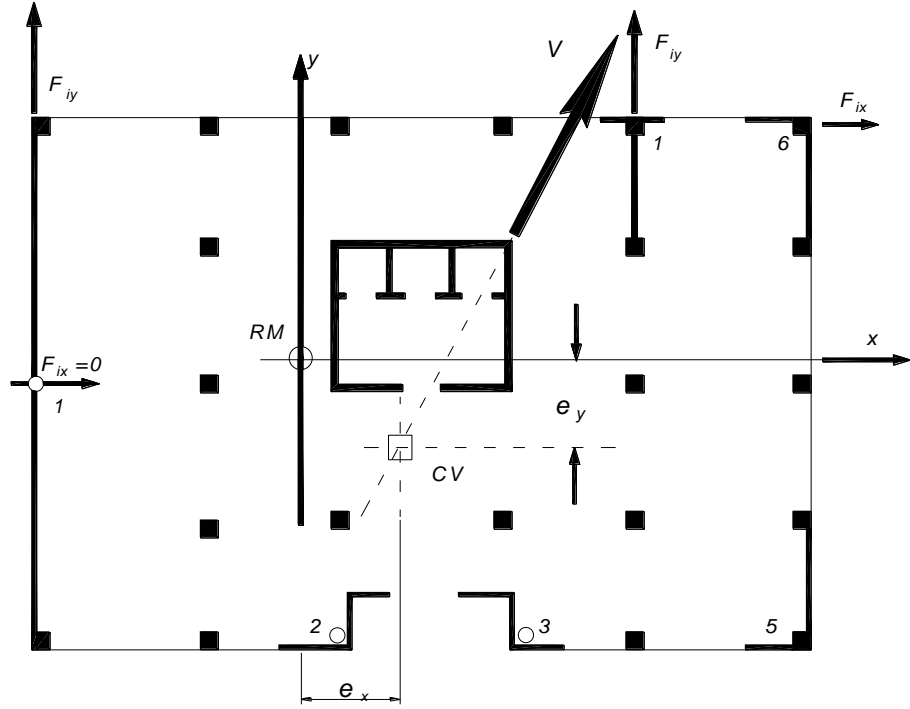
2.3.2.1 Dolu Perdeler Şekil 2.18 yapı planı içinde dağılmış tekil perdelerle teşkil edilen bir modeli göstermektedir. Yaklaşık elastik hesap için prizmatik ankastre perdelerin her katta eğilme rijitliği olmayan düzleminde çok rijit bir diyaframla (döşeme) bağlı olduğu kabul edilir. Levha olarak döşemenin çok küçük dönmelerinde perdeler de Şekil 2.18 de gösterildiği gibi aynı yatay ötelenmeyi yapacaktır. F kat eşdeğer kuvveti, V kat kesme kuvveti ve M kat devrilme momenti perdelerin rijitliklerine (2.3.1 de anlatıldığı gibi) bağlı olarak dağıtılır.

$$F_i = \frac{I_i}{\sum I_i} F \quad \text{veya} \quad V_i = \frac{I_i}{\sum I_i} V \quad \text{veya} \quad M_i = \frac{I_i}{\sum I_i} M \quad (2.10)$$

Dikdörtgen perdelerin zayıf doğrultularındaki rijitlikleri, diğer perde türleriyle kıyaslandığında çok küçüktür, ve ihmal edilebilir. Örneğin Şekil 2.19 da ki 1 numaralı perdenin zayıf eksenini doğrultusunda yatay yük almadığı kabul edilebilir. Şekil 2.19 da bir kattaki tipik perde yerleşimi görülmektedir. Herhangi bir kata kütle merkezi CV' ye etkiyen kesme kuvveti, V_x ve V_y olmak üzere bileşenlerine

ayrılabilir. Tüm düşey taşıyıcıların aynı öteleme yapması için; kat kesme kuvveti bileşenlerinin rijitlik merkezi (RM) noktasına etkimesi gerekir. Bu durumda (RM) noktası koordinatlarının eşitlik 2.11 deki şartı sağlaması gerekir.

$$\sum x_i I_{ix} = \sum y_i I_{iy} = 0 \quad (2.11)$$



Şekil 2.19 Birlikte etki eden konsol perdelerin planı

Burada ; I_{ix} , I_{iy} = Perde kesitinin sırasıyla x ve y eksenlerine göre atalet momentleri

x_i , y_i = Perdelerin kütle merkezlerinin rijitlik merkezine göre koordinatları

Genel olarak, Şekil 2.19 da gösterilen sistemde her bir perdeye gelen kesme kuvveti aşağıdaki formülle bulunabilir.

$$V_{ix} = \frac{I_{iy}}{\sum I_{iy}} V_x + \frac{(V_x e_y - V_y e_x) y_i I_{iy}}{\sum (x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})} \quad (2.12a)$$

$$V_{iy} = \frac{I_{ix}}{\sum I_{ix}} V_y + \frac{(V_x e_y - V_y e_x) x_i I_{ix}}{\sum (x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})} \quad (2.12b)$$

Bu denklemlerdeki,

$(V_x e_y - V_y e_x)$: Kesme kuvveti (V) nin rijitlik merkezine (RM) göre oluşturduğu burulma momenti ,

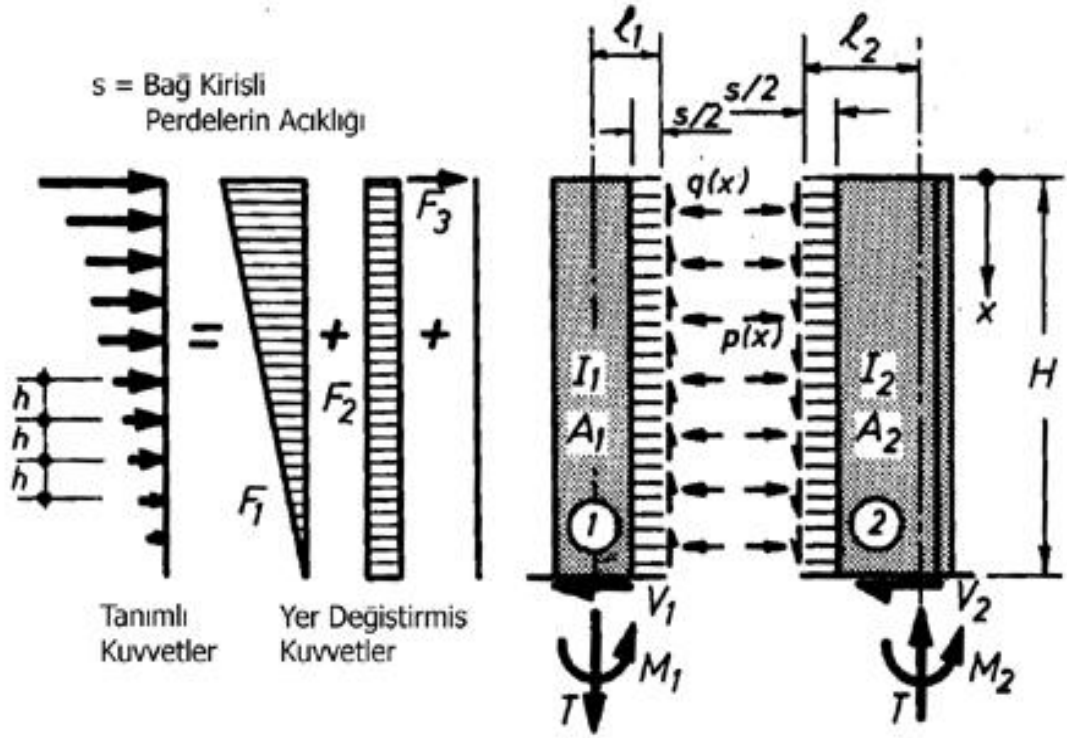
$S(x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})$: Perde sisteminin burulma rijitliği ,

$e_x e_y$: Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki uzaklıktır.(Şekil 2.19 da e_y negatiftir.)

Yatay yükler etkisinde kat döşemelerinin sonsuz rijit davrandığı varsayımının geçerliliği çaprazlı sistemlere göre perdeli sistemlerde daha azdır. Özellikle 5 kattan az katlı yapılarda, perdelerin ve döşemelerin düzlem içi rijitlikleri benzerdir özellikle prefabrik sistemlerde yatay yüklerin aktarımında diyafram yer değiştirmeleri önem kazanır. Bu tür yapılar için; döşeme rijitliğine bağlı olarak, elastik çalışan perdeler arasındaki yatay yük dağılımı %20 ile %40 arasında bir farklılık gösterebilir.

Perdelerin, diyafram olarak çalışması beklenen döşeme sistemine olan bağlantısının yeterliliği projelendirme başlangıcında irdelenmelidir. Genellikle perdelerin bulunduğu yerlerin civarında kullanım amaçlı boşluklar olabilir. Bu, durum diyaframın rijitliğinde ve dayanımında olduğu gibi zayıf bağlanmış olan perdenin etkinliğinde de bir azalma meydana getirebilir. Mesela L gibi düzensiz plana sahip yapılarda köşelerde erken kırılmaya, dolayısıyla rijitlik kaybına neden olabilir. Ankastre perde sistemlerin, elastik olmayan davranışının sonucunda yapacağı büyük şekil değiştirmeler düşünüldüğünde, elastik analizde yapılan varsayımların hassaslığı azalttığı görülür. Bu yüzden projeci, elastik olmayan yük dağılımı kavramını kullanarak daha avantajlı çözümler üretebilir. Bu konu Kısım 2.3.2(c) de açıklanmıştır.

2.3.2.2 Boşluklu perdeler (Bağ kirişli Perdeler) Boşluklu perdelerin, depreme dayanıklı yapı tasarımında sağladığı bazı avantajlar Kısım 2.3.2 (b) de irdelenmiştir. Bu tür yapıların analizi Şekil 2.14 de görüldüğü gibi taşıyıcı sistemin çubuk modellerle veya rijit bağlı olduğu varsayımı ile yapılabilir. İkinci söylenen yol

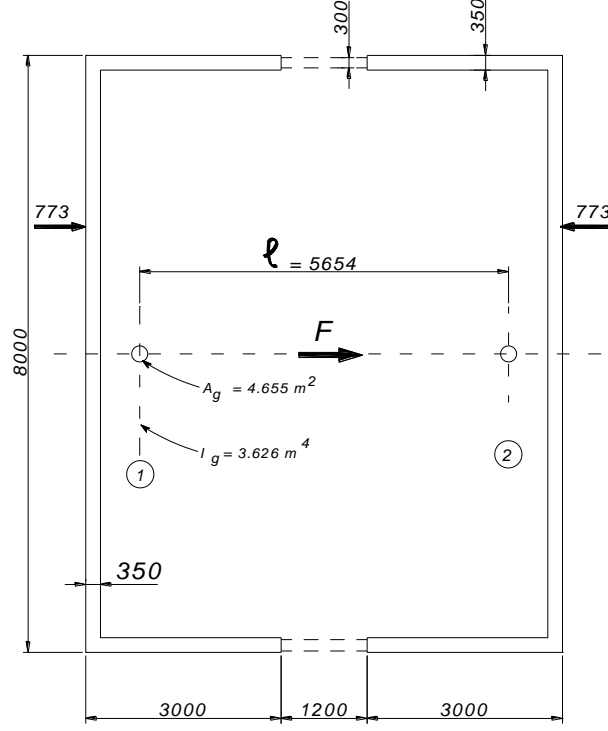


Şekil 2.20 Yanal kuvvetlerin Modellenmesi ve Bağ kirişli perdelerin analizi

“laminar” analizdir. Bu yöntem yüksek dereceli hiperstatik sistemleri, tek bir diferansiyel denklem çözümüne indirgemektedir. Şekil 2.20 modellemeye kullanılan tekniği göstermektedir. Burada yatay yükler ve elemanların özellikleri eşdeğer sürekli büyüklüklere dönüştürülmektedir. Yöntem Şekil 2.22 verilen, bağ kirişli perdelerin davranışlarındaki eğilimleri temsil eden büyüklükleri elde etmek için kullanılmıştır.

Boşluklu perdelerin elastik davranışı için bağıl rijitliğin anlamını irdelemek amacıyla çekirdek kesitinde parametrik bir çalışma açıklanacaktır (Şekil 2.21) . 12 katlı yapıda perde kalınlıkları 350 mm olarak sabit olup kat yüksekliği 3,50 m dir. Bağ kirişi yüksekliği 300 mm olup genişlikleri katlarda 150 – 200 mm arasında değişmektedir.

Kiriş rijitlikleri kiriş yüksekliği 400 mm den fazlaysa Denklem 2.8 (a) ile kiriş yüksekliği 400 mm den az ise Denklem 2.8.(b) ile belirlenecektir. Ayrıca 150 mm kalınlığındaki döşemenin bağ kirişi etkisi, 1200, 600 ve 350 mm etkili genişlik değerleriyle göz önüne alınacaktır. Şekil 2.22 de, $F_1=2000$ kN, $F_2=700$ kN ve $F_3=300$ kN olan yatay yükler altında yapının vereceği tepki özetlenmiştir.



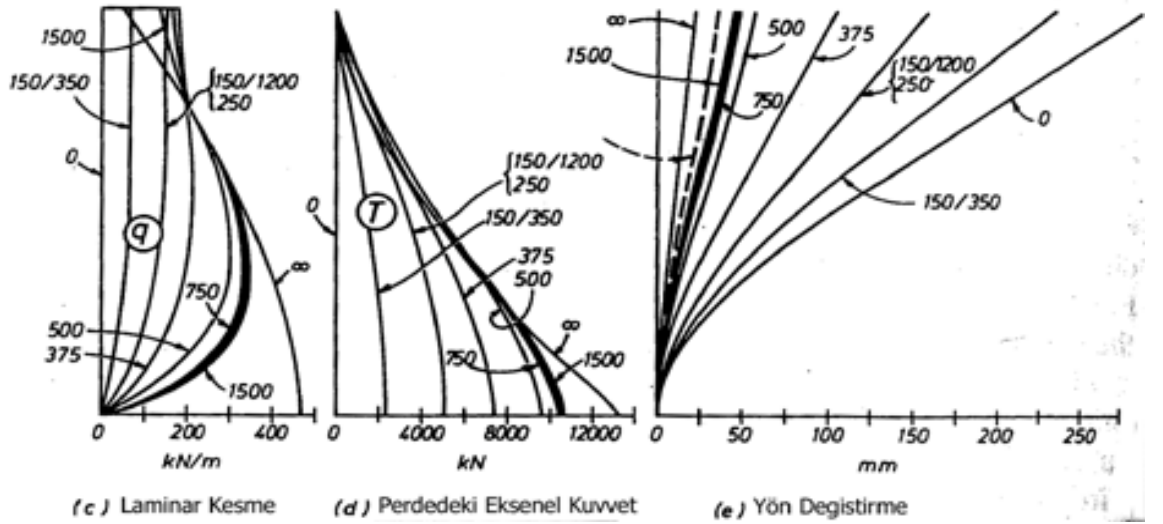
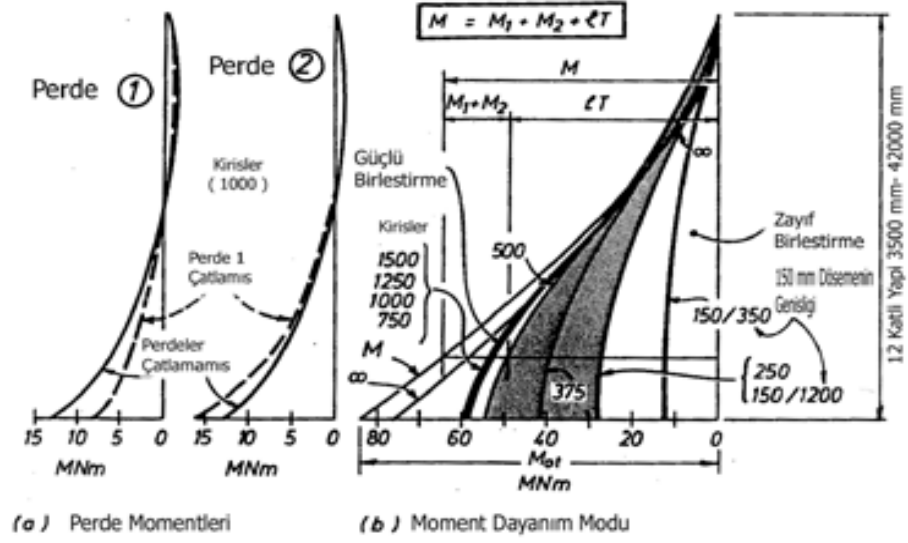
Şekil 2.21 Servis çekirdeğine ait örnek yapının elemanları

Şekil 2.22 (a) da, iki perdedeki eğilme momentleri, perdelerde hiçbir çatlak olmaması durumu ve ilk perdenin çekme rijitliğinin çatlamış durum için 2.9 denklemi ile hesaplandığı durumla karşılaştırılmıştır. Her iki durumda da kirişlerin yüksekliği 1000 mm olarak alınmıştır. Birinci perdedeki çatlaklar nedeniyle ikinci perdedeki zorlamalar artmıştır.

Şekil 2.22c de, kiriş yüksekliğinin değişmesine bağlı olarak, “laminar” kesme kuvvetinin, q nun (birim yüksekliğe gelen kuvvet), yapı yüksekliği boyunca değişimi görülmektedir. Derin kirişlerde yapının alt üçte birlik kısmında kuvvetler büyük olmasına rağmen üst katlara doğru süratli bir azalma görülür.

Burada duvarlarda ortaya çıkan eksenel kuvvetlerden oluşan şekil değiştirmeler üst bağ kirişlerine yük aktarımı neden olur. Bağ kirişi kesme kuvveti ve perdelerde oluşacak normal kuvvetler kiriş yüksekliğinin 500 mm ile 150 mm arasında değişimi durumunda üst katlarda belirgin olarak değişmez. Ötelenmelerin azaltılması için bağlantının olabildiğince verimli kullanılması gerekir. Bu durumda

depremde elastik olmayan ötelenmelerde küçük kalacaktır . Diğer taraftan, derinliği az olan kirişlerdeki kesme kuvveti büyük ölçüde perdenin genel eğimine(/eğriliği)



Şekil 2.22 Bağ kirişli servis çekirdek perde örneği

bağlıdır ve kesme kuvveti yoğunluğu yükseklik boyunca daha düzgün şekilde yayılır. En dıştaki eğri sonsuz rijit bağlı ankastre perdede oluşacak düşey kesme kuvvetinin dağılımını göstermektedir. Bu eğri, yapıya etkiyen üzerindeki F_1 , F_2 ve F_3 kuvvetlerinden elde edilen kesme kuvveti eğrisiyle orantılıdır. Bağ kirişi kesme kuvveti ve perdelerde oluşacak normal kuvvetler kiriş yüksekliğinin 500 mm ile 150 mm arasında değişimi durumunda üst katlarda belirgin olarak değişmez.

Kiriş rijitliği (derinliği) için bir sınır değeri vardır ki; bu değerin altında eksenel yük yoğunluğu aniden düşmeye başlar. Bu, davranış için önemli bir özelliktir. Tasarımcılar bağ kirişli perdelerin olması gereken verimliliğine karar verirken bundan faydalanabilirler. Her seviyede perde iç kuvvetlerinin, , birbiriyle etkileşimleri

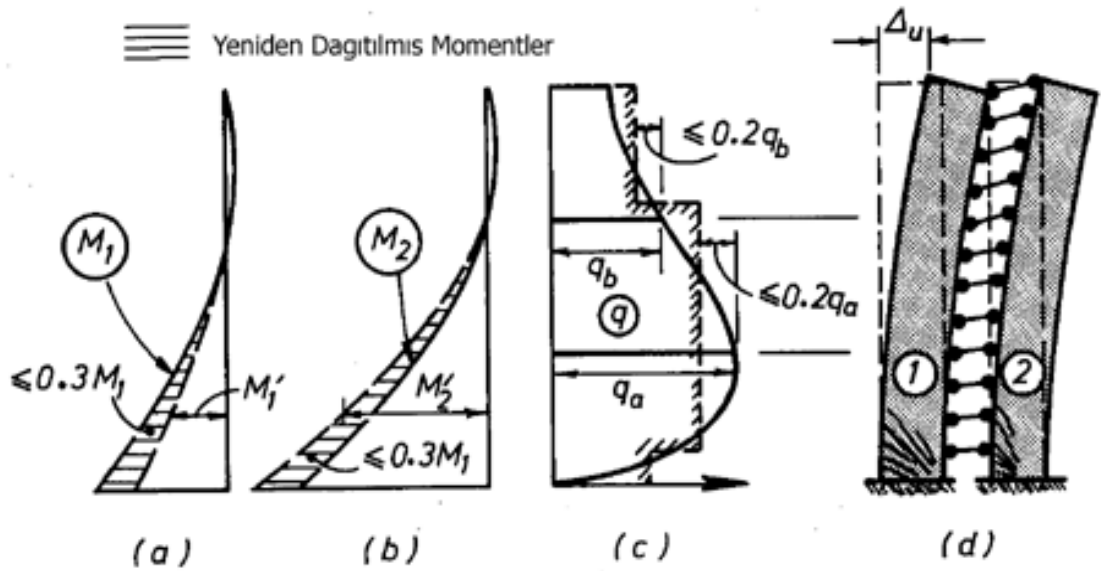
$$M = M_1 + M_2 + \ell T$$

bağıntısı ile verilebilir. Şekil 2.22 (b) de görüldüğü gibi 500 mm den daha yüksek bağ kirişler olan bu örnekte, moment dayanımındaki ℓT bileşeni büyük olacağı için, verimli bir beraber çalışma elde edilmiştir. Kiriş rijitliğindeki belirgin bir artış, birlikte çalışmada daha büyük bir artışa sebep olmamaktadır. Bununla birlikte, kiriş yüksekliğinin 250 mm den az olduğu ve özellikle, etkili genişliklere bakılmaksızın, 150 mm lik döşeme kullanıldığı durumlarda, perdelerde oluşacak moment (M_1+M_2) aniden artar. Bağlı sistemin bozulmasıyla, yapı iki ankastre perdeden oluşan duruma çevrilir. Moment dayanımının ℓT bileşeni için gösterilen taralı alan, 2.6 ile uyumlu biçimde, potansiyel enerji dağılımı bakımından uyulması gereken sınırları göstermektedir. Son olarak, Şekil 2.22 (e) de elastik yapıların elastik eğilme durumu karşılaştırılmaktadır.

2.3.2.3 Perdeler arasında yatay yük (tekrar) dağılımı Elastik analiz varsayımı düktil çerçevelerdeki tasarım yüklerinin dağılımındaki ilkeler ve prensipler, perde yapılarına da aynen uygulanabilir. Perdelerin özel detaylandırmalarla çok büyük bir süneklik kapasitesine sahip olması buna imkan vermektedir. Kısım 2.3.2 (a) Şekil 2.18 de gösterilen da birbiriyle bağlantılı ankastre perdelerin elastik analizi anlatılmıştı. Büyük bir deprem anında Şekil 2.18 de gösterilen üç perdenin her birinin tabanlarında plastik mafsall oluşması beklenir. Bununla birlikte tabanda oluşan momentin, elastik analizle bulunan momentle orantılı olması gerekmez. Eğilme momentleri ve uygun yatay yükler, tasarım boyunca bir perdeden diğerine aktarılabilir (yeniden dağıtılabilir). Bu işlem daha avantajlı bir çözüm sağlayacaktır. Örneğin, Şekil 2.18 deki üçüncü perde diğer iki perdeden daha fazla ölü yük (zati yük) (ağırlık) taşıyabilmektedir. Bu nedenle, bu perdeye eğilmeye karşı ek eğilme donatısı konulmadan daha fazla tasarım momenti aktarılabilir. Ayrıca , diğer iki perdeye kıyasla, bu perdede taban momentinin temele aktarımı büyük eksenel yük nedeniyle daha kolaydır.

Bu sebeplerden dolayı, arzu edilirse, sünek ankastre perde sistemlerinde, herhangi bir perdedeki tasarım yatay yükü %30 oranında azaltılabilir. Ancak artan bu kuvvet sistemdeki diğer perdelerle dağıtılmalıdır. Herhangi bir perdedeki yük artışının miktarı için bir sınır yoktur.

Hesap yüklerinin (tekrar) dağılımının sağladığı avantaj, bağ kirişli perdelerin yüksek derecelerde de kullanılabilir (Şekil 2.21, Şekil 2.23(d)). Bağ kirişli perdelerde arzulanan tam enerji dağılımı mekanizması, güçlü kolon ve zayıf kirişlerden oluşan çok katlı çerçeve sistemlerindeki mekanizmayla aynıdır. Bağ kirişli perdelerdeki davranış, bağ kirişlerinin plastikleşeceği, perde tabanlarında plastik mafsal oluşacağı ve aynı zamanda perde yüksekliği boyunca hiçbir yerde elastik olmayan şekil değiştirme oluşmayacağı şeklinde özetlenebilir. Bunun sebebi de perdelerin kirişlere oranla oldukça güçlü olmasıdır.



Şekil 2.23 Servis Çekirdeğindeki Bağ kirişli Perdenin Düktil Cevabı

Şekil 2.21 ve Şekil 2.22 de verilen yapıda elastik analizle elde edilecek M_1 ve M_2 (sırasıyla çekme ve basınç perdesindeki eğilme momentleri)nin dağılımı, Şekil 2.23(a) ve(b)de düz çizgiyle gösterilen eğriler gibi olacaktır. Bu analizde, Kısım 2.4.3(a) da belirtilen, çatlamalardan dolayı momentin elastik olarak yeniden dağılımı göz önünde bulundurulmuştur. M_1 in M_2 den küçük olmasına rağmen, birinci perdede daha fazla çekme donatısı gerekmektedir. Bunun sebebi 1.perdenin, büyük eksenel yükten dolayı daha büyük eğilme momentine maruz kalmasıdır. [Şekil

2.22(d)]. Diğer taraftan 2.perdenin üzerindeki eksenel basınç kuvvetinin artması, perdenin eğilme dayanımını arttırmaktadır. Arzu edilirse ve pratikse, 1. perdenin eğilme momentleri %30 oranında azaltılıp, bu moment basınç etkisindeki 2 perdesine aktarılabilir (yeniden dağıtılabilir). Bu maksimum aktarma (yeniden dağılım) hali Şekil 2.23 te görülmektedir. Bu %30 luk sınır, orta seviyedeki bir deprem esnasında perdelerde aşırı çatlakların oluşmasını önlemek için ihtiyatlı (mantıklı) bir önlem olarak düşünülür. Bir perdeden bir perdeye moment aktarımı (yeniden dağıtımı) aynı şekilde kesme kuvveti aktarımı (yeniden dağıtımı) anlamına da gelmektedir.

Benzer düşünceler bizi bağ kirişlerindeki düşey kesme kuvvetlerinin aktarımına (yeniden dağıtımı) götürür. Daha önceden de ,bağ kirişlerinde dikkate değer bir süneklik kapasitesi sağlanabileceği gösterilmiştir . Bu yüzden bağ kirişleri çok büyük plastik şekil değiştirmelere göre boyutlandırılıp detaylandırılmalıdır. Bu kısım 2.4.5 de ele alınmıştır. Bağ kirişlerindeki, tipik bir elastik kesme kuvveti dağılımı , yatay <laminar> kesme cinsinden, Şekil 2.23(c) de görülmektedir. Her katta bağ kirişlerindeki donatı değişkenlik göstermemelidir. Mümkün olduğu kadar az değiştirilmelidir (belirli seviyelerde). Düşey doğrultuda bağ kirişleri arasındaki kesme kuvveti ve moment aktarımı (yeniden dağılımı) yapılabilir. Bunun uygulaması Şekil 2.23(c) de basamaklı taralı çizgide gösterilmiştir. Herhangi bir bağ kirişindeki tasarım kesme kuvveti azaltılması, o kiriş için elastik analize göre tahmin edilen (bulunan) kesme kuvveti değerinin %20 sini geçmemelidir.

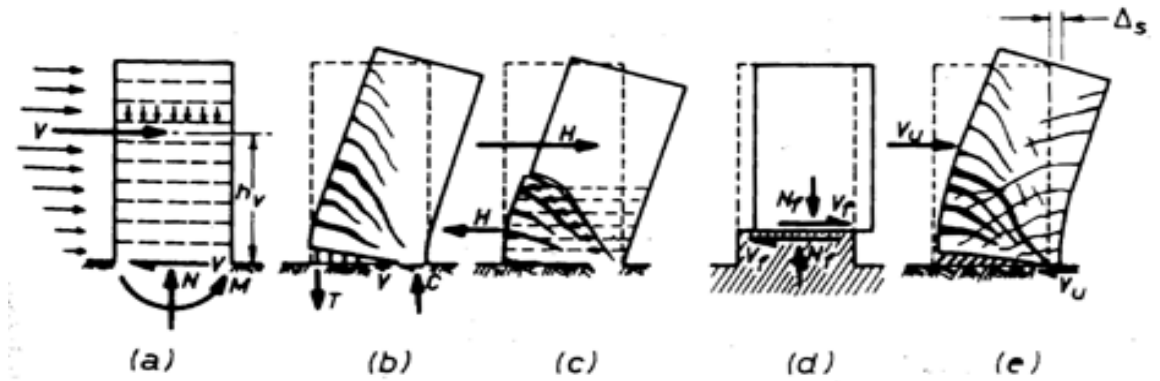
Kesme kuvvetinin bağ kirişlerine aktarımı (yeniden dağıtımı) yapıldığı hallerde, toplam kesme kuvvetinde kayıp olmamasına özen gösterilmelidir. Dolayısıyla, moment dayanımındaki ℓT bileşenini sağlayan, perdedeki toplam eksenel yük, Şekil 2.22(b) görüldüğü üzere, kesinlikle azaltılmamalıdır. Bu sebepten dolayı, Şekil 2.23(c) de görülen basamaklı ve taralı çizginin altında kalan alan, teorik olarak bulunan elastik yatay <laminar> kesme kuvveti, q , dan elde edilen eğrinin altında kalan alandan az olmamalıdır. Bağ kirişli sistemin dayanımı (kapasitesi), tasarım değerlerinden (yani üzerine gelmesi beklenen değerlerden, sürekli eğriyle gösterilen) çok fazla olmamalıdır. Çünkü bu gereksiz yere devrilme kapasitesini artırır, bu da temelde aşırı yüklemeye sebep olur. Bunun kolaylıkla nasıl kontrol edileceği, Kısım 2.6 da bağ kirişli bir perde sisteminin tamamen nasıl tasarlanacağını gösteren bir örnekle açıklanacaktır.

Denklem(2.2) de verilen moment denge denklemi sağlanırken, (M_1+M_2) ve ℓT bileşenleri arasında da aktarım (yeniden dağılım) yapmak mümkündür. Buna aksenal yükteki (T) ve dolayısıyla bağ kirişlerinde kesme kuvveti dahildir. Yukarıda bahsedilen ve Şekil 2.23 de gösterilen iki yöntem kullanılarak, bağ kirişli perde sistemi boyunca, ekonomik ve pratik olacak şekilde dayanım kolaylıkla sağlanabilir.

2.4. Perdelerin Hesap ve Teşkili (Dayanım ve Süneklik)

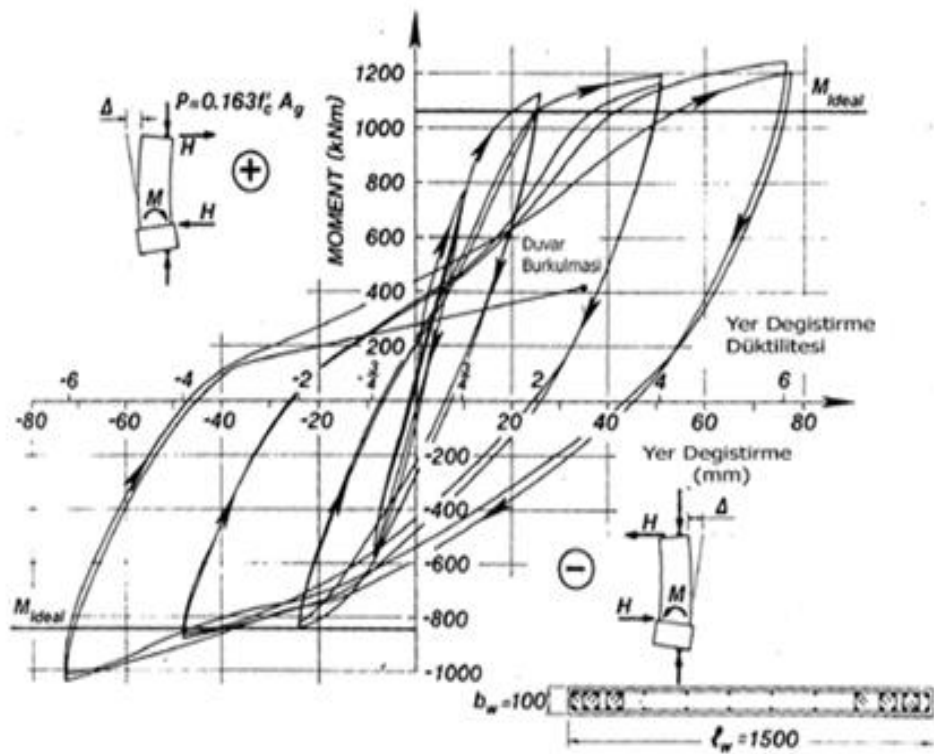
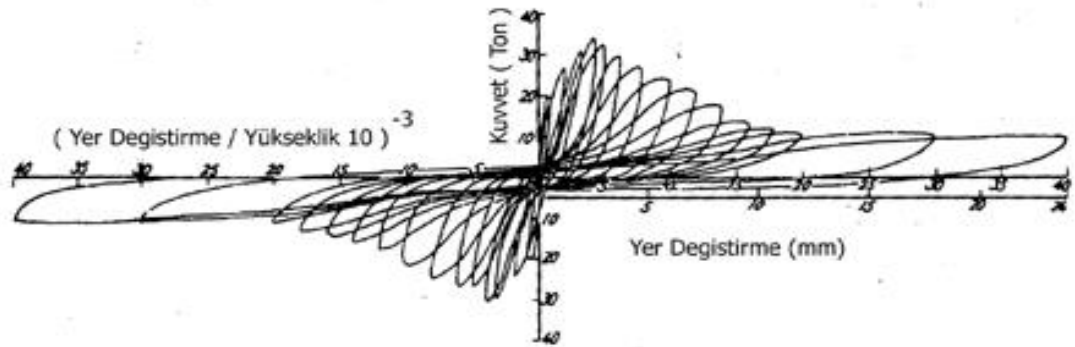
2.4.1. Betonarme Perdelerde Göçme Modları

Sünek betonarme perdelerin projelendirilmesinde, tam olarak tanımlanmış plastik mafsallaşma bölgelerindeki eğilme göçmesi dayanımının ve elastik olmayan şekil değiştirmenin kontrol edilmesi ve böylece tüm yapısal sistemdeki enerjinin yutulması prensibine uyulur. Bu temel gereksinimin doğal bir sonucu olarak, gevrek göçme mekanizmalarının ve hatta sınırlı süneklikli sistemlerin oluşmasına izin verilmemelidir. Daha önceden belirtildiği gibi, kapasite hesabının kullanılması ve potansiyel plastik bölgelerin uygun bir şekilde detaylandırılmasıyla göçme mekanizmalarında arzu edilen hiyerarşi kurularak bu sonuca ulaşılır.



Şekil 2.24 Perdelerin göçme biçimleri

Şekil 2.24(b) ve (e)'de gösterildiği gibi yatay olarak yüklenmiş konsol betonarme perdedeki enerji yutulmasının, genellikle betonarme perdenin tabanındaki plastik mafsallaşma bölgelerinde, eğilme donatısının akması şeklinde olmalıdır. Önenmesi gereken göçme modları, kesme kuvvetinden kaynaklanan diyagonal çekme ya da diyagonal basınç, ince betonarme perde kesitlerinin ya da ana basınç donatısındaki stabilitenin bozulması, birleşim noktalarındaki kesme kuvvetinin kayması, Şekil 2.24(d), ankrajlarda ya da bindirmeli eklerdeki ankraj göçmeleridir.

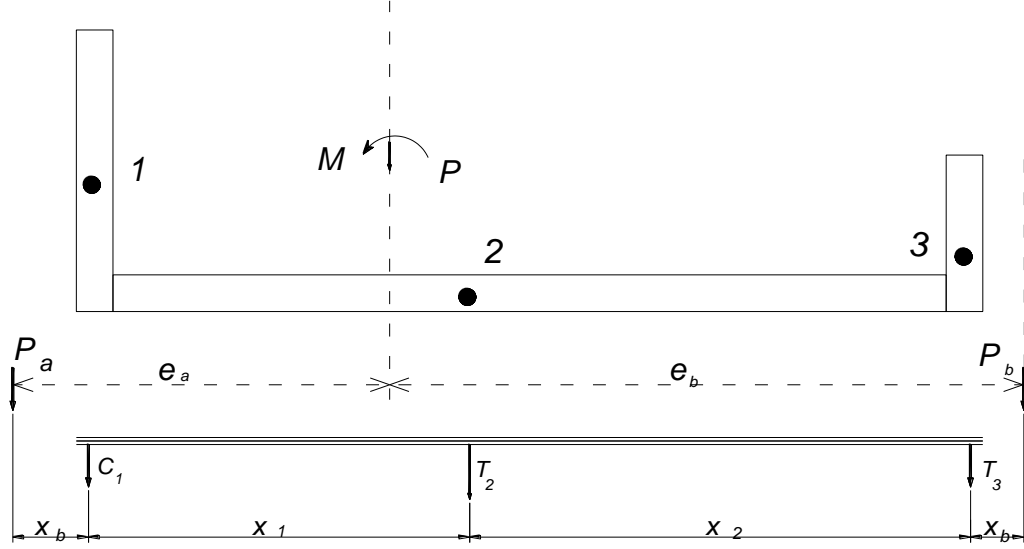


Şekil 2.26 Sünek Perdenin Stabil Histerik Cevabı

Şekil.2.26 da gösterilen histeresiz davranış ,eğilme dayanımının büyümesinin, benimsenen süneklığe bağlı olduğunu sergilemektedir. Sunulan ideal eğilme dayanımlarında, düşey donatıların, hesapta da kullanılabilecek olan %18’i aşan akma dayanımının ölçümü esas alınmıştır. Böylece, pozitif yönde yer değiştirme düktilitesinin 4 olması durumunda, perdenin dayanımı belirlenmiş akma dayanımından yaklaşık %32 daha fazladır.

2.4.2 Eğilme Dayanımı

2.4.2.1 Eğilme Dayanımı için Boyutlandırma Kesit özellikleri için kabuller (kesit boyutları, donatı içeriği gibi) ve yeterli eğilme dayanımı kontrollerinin yapılması gereklidir . İlk kabuller yardımıyla çoğunlukla, gerekli çözüm yapılır. Bu durum örnek bir betonarme perde kesiti ile Şekil.2.27 de gösterilmiştir.



Şekil.2.27 Perde kesit örneği

Betonarme perde boyutları genellikle verilir ancak hesap sonuçlarına göre belirli düzeltmeler gerekebilir. Perde kesitinin ağırlık merkezinden geçen eksene göre moment M ve aksel yük P nin en elverişsiz yük kombinasyonları da bilinmektedir. İlk olarak, betonarme perde kesitindeki, Şekil.2.27 deki 1, 2, 3 gibi, yaklaşık düşey donatı miktarı hesaplanır. İki kesitindeki donatı miktarı çoğunlukla minimum olup ve bu değer çoğu kez yönetmelikte önerilen değere karşılık gelir. Yine de, bu kabulün yapılması gerekmeyebilir. Çünkü 2 kesitindeki minimumdan daha fazla herhangi bir donatı efektif olup ve bu betonarme perdedeki başlık bölümünde gerekli donatı miktarını azaltır. 2 kesitindeki tüm donatıların akma dayanımına erişeceği kabul edilerek, toplam çekme kuvveti T_2 bulunur. Sadece P_a varsa daha sonra $M_a = e_a P_a$ için 3 kesitindeki çekme kuvveti

$$T_3 = \frac{x_a P_a - x_1 T_2}{x_1 + x_2}$$

Formülü ile hesaplanabilir. Sadece P_b varsa $M_b = e_b * P_b$ olması durumunda 1 kesitindeki çekme kuvveti

$$T_1 = \frac{x_b P_b - x_2 T_2}{x_1 + x_2}$$

olur. Denge denklemleri yardımıyla C_1 basınç kuvveti

$$C_1 = P_a + T_2 + T_3$$

olarak hesaplanır. Beton basınç derinliği hesaplanabilir. Şu açıktır ki, Şekil 2.27 deki örnekte, x_1 mesafesindeki çok küçük değişim ve bundan dolayı T_3 un büyüklüğündeki değişim gerçekleşebilir.

Bu hesaplamalardan sonra , tüm perde kesitlerindeki düşey donatıların son düzenlemeleri yapılabilir. Sonuç olarak, seçilen betonarme perdenin, sırasıyla f_y ve $\lambda_o f_y$ 'ye bağlı olan ideal eğilme dayanımı M_i ve aşırı eğilme dayanımı $M_{ro,w}$ belirlenebilir.

2.4.2.2 Düşey Perde Donatıları İçin Konstrüktif Esaslar Uygulamaya yönelik sebeplerden dolayı boyuna donatıların kesit oranı, perdenin her bölgesinde $0.7/f_y$ (Mpa)'dan az ya da $16/f_y$ (Mpa) ($2.3/f_y$ (ksi))'dan fazla olmamalıdır. Maksimum donatı kuvvetinin büyüklüğünü kontrol eden üst limit, bindirmeli ekler mevcut iken kesitte sıkışmaya sebep olur. Betonarme perdelerin sınır elemanlarında (Şekil 2.26, 2.39, 2.51 ve 2.56'da gösterilen kesitlerin kenar bölgeleri gibi), düşey donatının $0.002 b_w l_w$ 'dan az olmamasının sağlanması önerilmiştir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğin perdelerle ilgili kısmında Türkiye deki konstrüktif kurallar ekte verilmiştir(Bakınız EK 1).

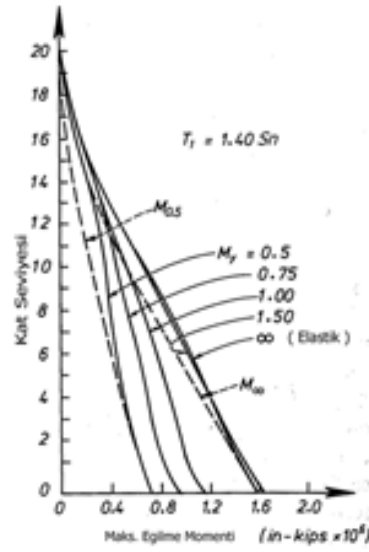
Rötre ve sıcaklık etkileri için konulacak minimum donatı , yönetmeliklerin geleneksel tavsiyelerinden ortaya çıkar. Bazı ülkelerde, bu uygulamada minimum donatı oranı perdelerde %0.1 e kadar indirilir. Ayrıca, hesap deprem kuvvetlerini aşacak rüzgar kuvvetine karşı dayanımında tasarımcılar tarafından göz önüne alınması gerekir. Perdelerde çok az donatı kullanıldığında, az sayıdaki çatlakların

oluşumu önlenemez. Durum mevcut donatının, çevresinde depremten dolayı önemli derecede artan şekil değıştirmenin yani betonda oluşan çekme gerilmesinin karşılmasının yetersiz olmasıdır ve yetersiz donatılar bir anda çatlakların oluşumuna sebep olacaktır. Böylece, orta düzeydeki bir depremde oluşabilecek bu tür, yapısal bir hasar yüksek maliyetli güçlendirmeye sebep olabilir. Buna ek olarak, tasarım depremine oranla daha yoğun bir hareketle , donatılarda, çok büyük şekil değıştirmeler oluşabilir. Geniş bir alanda oluşan bu çatlakların içinden geçen donatılardaki çok büyük şekil değıştirmeler ve basınç bölgesindeki donatılarda burkulmalardan dolayı birkaç tersinir yer değıştirmeden sonra kopmalar olabilir.

200 mm' den kalın betonarme perdelerde, yüzeyle yakın tercihen iki sıra donatı kullanılmalıdır. Sarılma bölgelerinde düşey donatılar arasındaki yatay mesafe 200 mm (8 in.) ve diğer (örneğin elastik) bölgelerde 450 mm (18 in.)'yi ya da perde kalınlığının üç katını aşmamalıdır. Perdenin herhangi bir yerinde kullanılan donatı çapı perde kalınlığının sekizde birini aşmamalıdır. Bu önerilerin birkaçı belirli çalışmalardan öte mühendislik yargısına ve geleneksel uygulamalara dayanır.

2.4.2.3 Eğilme donatısının sınırlandırılması Şekil 2.23 (a) ve (b)'de boşluklu betonarme perdelerin yatay kuvvetler etkisinde tipik eğilme moment diyagramları gösterilmiştir. Eğilme donatısı bu momente göre tam olarak seçilirse, kuvvetli bir deprem sırasında plastik mafsallar bu çeşit perdelerin yükseklikleri boyunca herhangi bir yerde eşit dağılımla oluşurdu. Bu tasarım açısından arzu edilmeyen bir durumdur. Çünkü bölüm 2.4.3'te tartışıldığı gibi potansiyel plastik mafsallar özel ve oldukça pahalı detaylandırma gerektirir. Plastik mafsallar perde tabanından belirli bir yükseklikte oluştuğunda, gerekli yer değıştirme sünekliğini kazanmak için eğrilik sünekliğinin büyük oranda arttırılması gerekir. Ayrıca, kirişlerde olduğu gibi, eğilme donatısının akma meydana gelen bölgelerinde betonarme perdelerin kesme dayanımı azalacaktır. Bu nedenle tüm seviyelerde ek yatay kesme donatısı gerekecektir. Bu durumda plastik mafsalların önceden belirlenmiş bölgelerde, örneğin perde tabanlarında oluşmasını ve perdelerin geri kalan bölgelerinde meydana gelebilecek maksimum büyüklükleri aşan eğilme dayanımı sağlamak daha mantıklıdır.

Dinamik davranıştan oluşan moment büyüklüklerini de kapsayan eğilme momenti zarfları, yönetmelikte belirtilen eşdeğer deprem yüklerinden oluşan moment eğilme momenti diyagramlarından farklıdır. Bu, modal süperpozisyon teknikleri ile

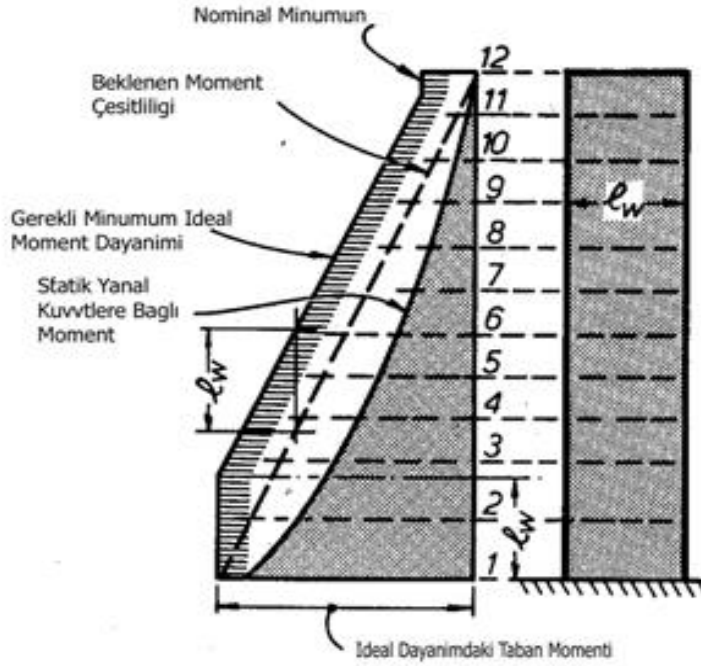


Şekil 2.28 20 Katlı Yapıda perdenin farklı akma moment dayanımlarındaki dinamik moment zarf eğrileri

kolayca gösterilebilir. Aynı sonuçlar elastik olmayan perdelerin zaman tanım alanında hesap yöntemleri ile çeşitli deprem kayıtları kullanılarak da elde edilir. Şekil. 2.28 de 20 katlı, belirli bir deprem etkisinde farklı taban momenti dayanımları olan konsol perdelerin tipik eğilme momenti zarfları analitik olarak gösterilmiştir. Yer hareketi sırasında elastik ve elastik olmayan dinamik davranışlardan dolayı oluşan moment büyüklüklerinde yaklaşık olarak lineer farklılıklar görülür.

Sonuç olarak, konsol perdelerde yükseklik boyunca moment dayanımındaki lineer değişimden az olmayacak şekilde eğilme donatısının seçilmesi önerilir. Bu önerinin yorumu Şekil.2.29’da gösterilmiştir. Eğilme donatısının yerleşimi ile birlikte perde tabanında kritik kesitin tam büyüklükte ve sayıda belirlenmesiyle, perdenin uygun eksenel yük altında oluşan ideal eğilme dayanımı hesaplanabilir. Tabanda oluşan bu ideal dayanımla birlikte eşdeğer yatay statik kuvvetin uygulanmasından oluşan taralı eğilme momenti diyagramı Şekil. 2.29’da gösterilmiştir. Yukarıdaki öneriyi sağlayan, minimum ideal eğilme dayanımı, düz kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Düşey donatıları sınırlandırırken kesme kuvvetinde oluşan diyagonal gerilme etkileri dikkate alınmalıdır. Bu sebepten dolayı, moment diyagramı l_w yüksekliğine kadar, düşey olarak kabul edilir. Bu duruma göre

hesaplanan donatılar kenet boyu (filiz boyu) l_d den az olmayacak mesafeye kadar uzatılmalıdır ve akma dayanımına ulaşmalıdırlar.

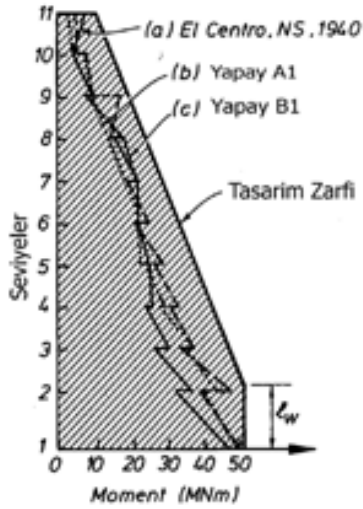


Şekil 2.29 Perdeler için tasarım moment zarf eğrileri

Eksenel basıncın mevcudiyetinden dolayı konsol perdedeki eğilme donatısının miktarı büyüklük olarak , eğilme momenti büyüklüğü ile, prizmatik kiriş örneğindeki zarfta gösterildiği gibi, orantılı değildir. Eğer eğilme donatısı perde yüksekliği boyunca sabit tutulsaydı, yerçekiminden ve/yada deprem etkilerinden dolayı eksenel basıncın azalması sebebiyle, kesitin eğilme dayanımı perde yüksekliği boyunca azalırdı. Bu durum açıkça Şekil. 2.17 de görülecektir. Perdeler normalde, belirli bir şekil değiştirme seviyesinden aşağıda, eksenel basınca maruz kalırlar ve M–P etkileşim ilişkisi açıkça bu perde kesitlerinin eksenel basınca olan hassasiyetlerini göstermektedir. Bölüm 2.6.2’deki örneklerden görüleceği gibi, bu durum nadiren kritiktir, ancak sınırlamalarda rol oynar.

2.4.2.4 Perde Tabanındaki Aşırı Eğilme Dayanımı Düktil çerçevelerde olduğu gibi, perdelerde tasarım noktaları maksimum eğilme dayanımına bağlıdır. Perde aşırı eğilme dayanım faktörü aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Burada her iki moment perde taban kesitindeki momenttir. Sadece perde tabanındaki plastik mafsallarla düktil

$$\phi_{o,w} = \frac{M_{o,w}}{M_E} \quad (2.13)$$



Şekil 2.30 Perdedeki dinamik moment karşılaştırmaları

perde davranışını sağlamak için, sonradan oluşan tüm hareketleri bu faktörle çarpmak gerekir. Örneğin bu hareketler altında temele gelen kesme kuvvetleri ve diğer bileşenleri faktörle arttırılarak elastik davranmaları sağlanır.

$\phi_{o,w}$ faktörü optimal λ_o/ϕ [Denklem 1.12] değerini aşarsa perde yedek bir dayanıma sahip olur. Yapıya beklenenden büyük dayanımın sunulduğu ve tasarım kuvvetleri belirlendiği zaman tasarım depreminde süneklikte bağlı düşüş beklenir. Beklenen (μ_Δ) sünekliği yerine azaltılmış ($\mu_{\Delta r}$)'yi karşılayan, boyutlandırma kriteri, başlıca süneklik kapasitesinden etkilendiği için, bu durumdan çoğu kez fayda elde edilebilir. Böylece gelecek bölümlerde beklenen süneklik büyüklüklerinde azaltma yapılacaktır, öyle ki azaltılmış süneklik

$$\mu_{\Delta r} = \frac{\lambda_o / \phi}{\phi_{o,w}} \mu_\Delta \quad (2.14)$$

haline gelir. λ_o değerleri bilinmektedir ve $\phi=0.9$ dur. Bu oran düktil performansı kontrol eden birkaç eşitlikte kullanılacaktır.

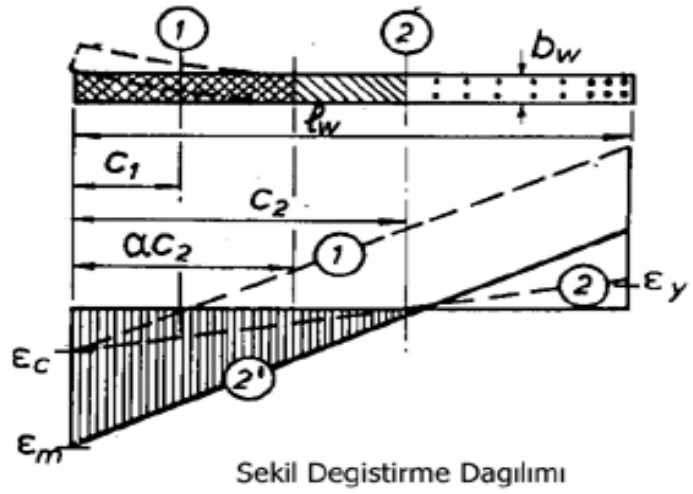
Örnek 2.1 Devrilme momenti $M_E=10$ MNm (7380 kip-ft) ve $\mu_\Delta=5$ olan betonarme perde tasarlanmıştır. Donatının yerleştirilmesi de dikkate alınarak donatı dayanımı $f_y=400$ MPa ve aşırı dayanım faktörü $\lambda_p=1.4$ sağlanmıştır. Sonuç olarak aşırı dayanım faktörü de dikkate alınarak perde momenti dayanımı $M_{o,w}=18.7$ MNm (13800 kip-ft) bulunmuştur ve $\phi_{o,w}=18.7/10=1.87$ dir. Böylece aranan süneklik kapasitesin $\mu_\Delta=5$ 'ten $\mu_{\Delta r}=(1.4/0.9)/(1.87)5 = 4.2$ değerine düşmesi beklenebilir.

2.4.3 Süneklik ve Stabilité Bozukluğu

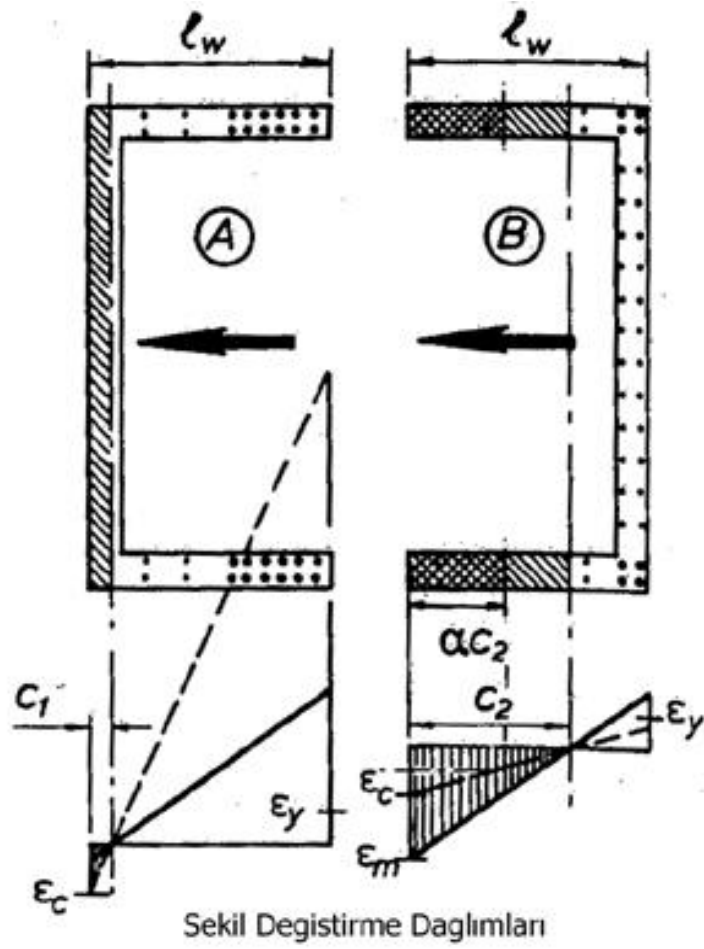
2.4.3.1 Eğilme Davranışı Belirli bir bölümün plastik dönmeyi uzun süre koruyabilmesi, eğrilik sünekliğine bağlıdır. Eğilme dayanımının oluşumunda, kenar liflerdeki beton basınç şekil değiştirmesi ϵ_{cm} nun tarafsız eksene olan c_u uzaklığına oranının ilgili eğriliği belirlediği gösterilmiştir. Akma eğriliğinin tanımına göre, eğrilik sünekliği μ_ϕ kolayca belirlenir .

Şekil 2.31'deki 1 ve 2 şekil değiştirme durumları, aynı ϵ_c uç beton şekil değiştirmesi için büyük tarafsız eksen derinliği c_2 gerektiren durumda, perdede eksenin basınç yükünün az olduğu ya da hiç olmadığı duruma karşı gelir ki bu durumda eğrilik diğer duruma göre daha küçüktür.

Birbiri ile bağlı perde sisteminde (Şekil 2.18) her iki perde için de benzer eğrilikler gerekli olur. Bu, basıncı büyük bir perdenin daha az yüklenmiş perde (1. çizgi ile gösterilen) ile aynı eğimi kazanmak için Şekil 2.31'deki 2. çizgi ile gösterilen şekil değiştirme durumuna ulaşması gerektiği anlamına gelir. Buda bu perdenin kenar lifindeki (ϵ_m) kısalmasının , kritik değerin (ϵ_c) çok üstünde olmasını gerektirir. Yani, büyük basınç şekil değiştirmelerine maruz kalmış beton sarılmadığı sürece, bu tür eğrilik uzun süre korunamaz. Bu durum bölüm 2.4.3(e)'de incelenmiştir.



Şekil 2.31 Dikdörtgen perdelerde gerilme şekilleri



Şekil 2.32 Profil kesitli perdelerde düktil kapasiteyi gösteren şekil değişirme durumları

Kesit geometrisinin perdenin süneklik potansiyeline olan etkisi, Şekil 2.32'deki gibi kesitli bir perde rneği ile incelenebilir. Gösterilen yönde deprem kuvvetlerine maruz kalmış A perdesinde olduğu gibi, basınç bölgesinin potansiyel genişliği oldukça fazladır. Sonuç olarak, perde eksenel basınç yükünün ve kanatlara yerleştirilmiş düşey donatılardan kaynaklanan çekme kuvvetlerinin dengelenmesi için, küçük bir basınç bölgesi derinliği c_1 gereklidir. Bu nedenle ϵ_c ' ye karşılık gelen ve kesikli çizgi ile gösterilen şekil değiştirme eğiminin sonucu oldukça büyüktür. Bu tür büyük bir eğriliğe büyük depremlerde bile ulaşmayabilir ve muhtemelen düz çizgi ile gösterilen durum yeterli olur. Böylece beton basınç kısalmaları her zaman kritik değerin altında kalabilecektir. Buradaki durumda orta düzey süneklik büyüklüklerinde olduğu gibi, ideal eğilme dayanımından büyük momentlere ancak büyük gerilme şekil değiştirme bölgelerinde yerleştirilmiş çeliğin pekleşmesi sayesinde ulaşılabilir.

Diğer taraftan Şekil 2.32'deki B perdesinde kollarda dengenin sağlanabilmesi için büyük bir tarafsız eksen derinliğine ihtiyaç duyulur. Uzun bir perdeye yerleştirilmiş minimum perde donatısının Şekil.2.32'deki gibi akması sırasında bile çekme kuvvetleri oluşur. Kesikli izgi ile gösterilmiş şekil değiştirme durumu göz önüne alındığında perdeye düz çizgi ile gösterilen A perdesindeki aynı yer değiştirme uygulansa, ideal dayanıma göre oluşturulmuş eğrilik bu durumda yetersiz olacaktır. Eğer gevrek kırılmadan kaçınılmak isteniyorsa, B perdesinin gövdesindeki uç bölgelerde oluşan aşırı beton basınç kısalması nedeniyle bu bölgenin sarılıması gerecektir.

Sonuç olarak perde boyuna (l_w) bağlı olan tarafsız eksen derinliği (c) kritik bir değerde olduğu görülmektedir. Eğer belirli bir eğrilik sünekliğini elde edilmek istenir ise, perde kesitin kritik basınç bölgeleri sarılmadığı sürece c/l_w oranı sınırlandırılmaya ihtiyaç duyulabilir. Bu Bölüm 2.4.3(e)'de incelenmiştir.

Kolon ve kirişlerde olduğu gibi, perde kesitin ideal eğilme dayanımı f_c' ve f_y malzeme özelliklerine bağlıdır. Elastik olmayan anlık büyük yer değiştirmelerde, özellikle de önemli eğilme süneklik büyüklüklerine çıkıldığı zaman, Şekil. 2.32'de gösterilen A perdesinde olduğu gibi, kritik kesitlerde çok daha büyük momentler oluşabilir. Kapasite tasarımı prensiplerine göre bu dayanım iyileştirilmesi dikkate

alınmalıdır. Bu, konsol perdelerde aşırı moment dayanımının, denklem (2.13) ile yönetmelikte tanımlanan eşdeğer yatay yüklerden oluşmuş momente oranı olarak tanımlanan aşırı eğilme dayanım faktörü ϕ_o ile ölçülebilir .[Bölüm 1.3.3(f)].

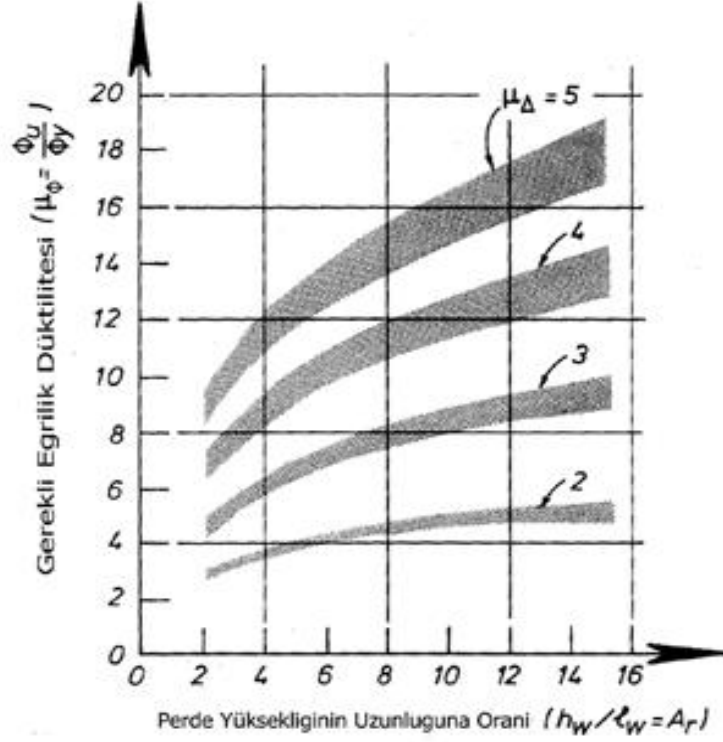
2.4.3.2 Perdelerde süneklik ilişkileri Bu kısma kadar bahsedilen perdelerdeki yer değiştirme süneklik kapasitesi $\mu_\Delta = \Delta_u / \Delta_y$, perdenin tabanındaki plastik mafsallın dönme kapasitesine bağlıdır. Perde dayanımına (taşıma gücüne) göre boyutlandırılmasında, yer değiştirme süneklik kapasitesini, eğrilik süneklik kapasitesi cinsinden ifade etmek daha uygun olur.

Perdelerin eğrilik sünekliklerini etkileyen en önemli parametrelerden biri plastik mafsall boyudur l_p .Plastik mafsall boyunun belirlenmesi kesin olarak tanımlanmamıştır. Büyüklüğü öncelikle perde boyuna l_w , tabandaki moment – eğrilik bağıntısına ve normal yük yoğunluğuna bağlıdır .Bu sebepten dolayı perde tabanının üstünde, elastik ve elastik olmayan bölgeyi ayıran bir kesit belirlemek mümkün değildir.

Plastik mafsall boyu için tipik olarak $0.3 < l_p / l_w < 0.8$ öngörülür. Plastik mafsall boyu için önerilen iki farklı öneriyi kullanarak ankastre perdeler için yer değiştirme ve eğrilik sünekliği arasındaki ilişki bulunabilir. Şekil 2.33 de görülmektedir. Genellikle gözden kaçan önemli bir özellik de, verilen bir yer değiştirme sünekliği μ_Δ için , perdenin kenar oranı artmaktadır. A_r artması ile beklenen eğrilik sünekliği μ_ϕ arttırmaktadır.

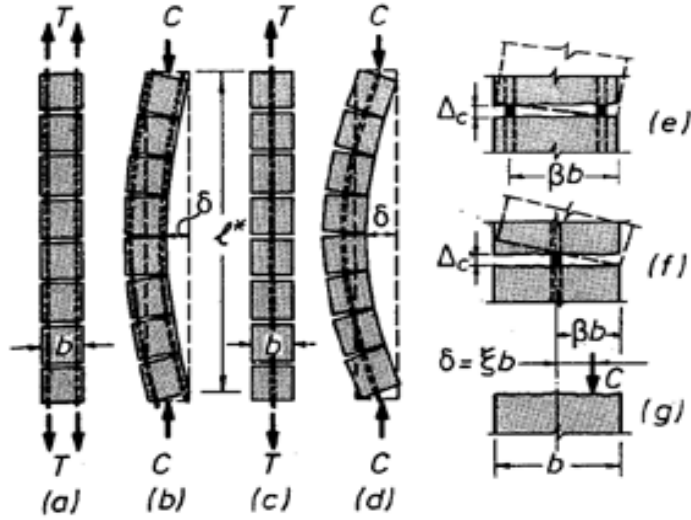
2.4.3.3 Perde stabilitesi İnce perdelerin kesitlerinde basınç şekil değiştirmelerinin olması, düzlem dışı burkulma tehlikesini ortaya çıkarır. Bu risk bazı önlemlere (tavsiyelere) uyulmasını gerektirir. Bu tedbirler büyük ölçüde geleneksel Euler burkulması kavramlarına ve mühendislik yorumuna dayanır. Bu nedenle özellikle potansiyel plastik mafsall bölgelerinde perde kalınlığı, ilk kattaki perde yüksekliğinin onda birinden (1/10) az olmamalıdır. Başlık bölgesi veya genişletilmiş uç bölgelerinin kullanımı, perde stabilitesinin artması bakımından faydalıdır

Büyük eğrilik sünekliği, μ_ϕ olduğu durumlarda, Şekil 2.26 çekme kenarındaki donatılar önemli çekme şekil değiştirmelerine maruz kalabilir. Bu durumda plastikleşmenin sonucu olarak, düzgün aralıklarla, geniş, hemen hemen



Şekil 2.33 Perdelerin tabanındaki eğrilik süneklik yer değiştirme oranına bağlı yer değiştirme

yatay ve kesit genişliği boyunca olan çatlaklar, görülür. Plastik mafsallık bölgelerinde oluşan tipik çatlak durumları Şekil 2.38 (a) da görülebilir. İdealize edilmiş biçimde Şekil 2.34(a) ve (c) de kalınlığı “b” olan ve sırasıyla tek ve çift sıra donatısı olan perdeler gösterilmektedir. Takip eden ters yöndeki şekil değiştirmeden dolayı kesitin üzerindeki yük kalkacaktır. Bu durumda donatılardaki çekme gerilmeleri sıfıra inerken çatlak genişlikleri büyük kalacaktır. Ters yönde etki eden yatay yük, bağlı perde çiftlerinde bir basınç artışına sebep olacaktır. Bu artış neticede donatılarda basınç gerilmeleri oluşur. Çatlaklar kapanıncaya dek, kesit içindeki basınç kuvveti sadece düşey donatılarla karşılanmalıdır. Bu halde, perdenin “b” kalınlığı içindeki eğilme basınç kuvveti C nin yeri ile düşey donatıların ağırlık merkezi çakışmayabilir (uyuşmayabilir) [Şekil 2.34(b),(d)]. Beton blokların bitişiğindeki yatay çatlakların etkisiyle oluşan dönmeden dolayı eksantirisite oluşabilir (Şekil 2.34(e) ve (f)). Şekil 2.34(b) ve (d) görüldüğü gibi, bu belirgin düzlem dışı eğrilik, çatlak uçlarının perdenin sadece bir tarafında birbirine temas ettiği durumda meydana gelebilir. Şekil 2.34(b) ve (d) de gösterilen şeridinin perde ortasındaki moment $M=\delta C$ ve burkulma boyu l^* ise, çatlaklar tamamen kapanmadan ve perde eğilme dayanımına ulaşmadan önce burkulmadan dolayı göçme meydana gelebilir.



Şekil 2 –34 Düzlem dışı burkulmadaki şekil değiştirmeler

Bu durum Şekil 2.34 de idealize edildiği kadar basit değildir. Yerinden hareket etmiş veya çıkmış minik beton parçaları ve çatlak yüzeylerinin pürüzlü olması da, geniş çatlakların düzgün bir şekilde tamamen kapanmasını etkileyebilir. Yatay yüklere karşı çalışan sistemdeki elastik olmayan büyük şekil değiştirmeler neticesinde perdenin zayıf eksenine göre eğilme yapması, daha kötü bir durum yaratabilir. Bununla birlikte, düzlem dışı şekil değiştirmenin δ başlamasındaki öncelikli etken çatlak genişliği Δ_c ve, Şekil 2.34(e) ve (f) de gösterildiği üzere ,düşey donatının yerleştiriliş düzenidir. Çatlak genişliği, düşey donatılarda, görülen maksimum çekme şekil değiştirmesine bağlıdır. İlk ilkeleri ve sınırlı sayıda deneysel kanıtları kullanarak,kritik perde genişliği b_c hakkındaki tavsiye ve öğütler ilerideki paragraflarda açıklanacaktır.

Şekil 2.34 teki modellerin yardımıyla ilk ilkeler (prensipler) şöyle gösterilebilir; $b \leq b_c = l^* \sqrt{\epsilon_{SM} / 8\xi\beta}$ olduğu durumda stabilite bozulur. Şekil 2.34(g) de ξ perde kalınlığı "b" cinsinden kritik eksantirisiteyi , Şekil 2.34(e) ve (f) de ise β verilen bir çatlak genişliği için açısal dönme miktarını göstermektedir. Çeliğin akma sınırını, tabandan perde uzunluğu kadar l_w bir yükseklik boyunca geçtiğinde, beklenen eğrilik sünekliğine bağlı olan tahmini maksimum çelik şekil değiştirmesinin ϵ_{sm} , belirtilen yüksekliğin alt yarısında oluşacağı kabul edilebilir

(Şekil 2.37(b)).Bu varsayıma göre burkulma boyu $l^*=0.5l_w$ dir. Güvenli bir varsayım olarak, tahmini akma eğriliği $\phi_y=0.0032/l_w$ kullanılarak ,maksimum çelik değiştirmesi ε_{sm} , beklenen eğrilik sünekliği μ_ϕ cinsinden tahmin edilebilir. Deneysel çalışmalar δ düzlem dışı yer değiştirmeler küçük olduğu durumda , çatlakların tamamen kapandığını veya kaybolduğunu göstermektedir. Fakat artan eğrilik sünekliğiyle, artan yer değiştirme δ [Şekil 2.34 (b) ve (d)] aynı iyi tablo görülmemekte ve tekrarlanan yükleme altında,düzlem dışı yer değiştirmeler giderek artmaktadır. Kritik deplasman sınırı $\delta = b / 3$ olarak bulunmuştur. $\xi=1/3$, alınarak ve plastik mafsallık bölgesinde olan perde için perdenin basınç kenarında kritik perde kalınlığı aşağıdaki bağıntılarla bulunabilir:

$$b_c = 0,00171 l_w \sqrt{\mu_\phi} \quad \beta = 0,8 \quad \text{ise} \quad (2.15 a)$$

$$b_c = 0,00221 l_w \sqrt{\mu_\phi} \quad \beta = 0,5 \quad \text{ise} \quad (2.15 b)$$

Bu denklemlerdeki β ; Şekil 2.34(e) ve (f) de tanımlandığı üzere, güvenli tarafta alınarak 0.8 olarak alınabilir (perdede 2 sıra donatı kullanıldığı zaman).

Şekil 2.33 de perdeler için verilen eğrilik ve şekil değiştirme süneklikleri arasındaki temel bağlantılar (ilişkiler) kullanılarak, kritik perde kalınlığı b_c , perde boyutlandırılmasının temelinde yatan şekil değiştirme sünekliği kapasitesiyle μ_Δ ilişkilendirilebilir. Plastik mafsallık boyuna ($\ell_p=0.2\ell_w +0.044h_w$) dayanan bu tür bağıntılar Şekil 2.36 da verilmiştir.

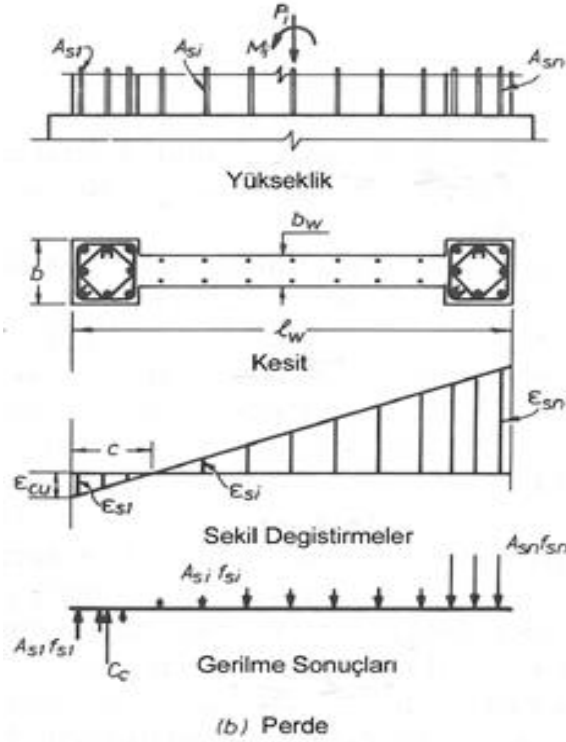
Burkulma boyunun 1.kat yüksekliğinin %80 ini geçmeyeceği varsayımı yapılarak, Şekil 2.36 daki minimum perde kalınlığı hesabında, ℓ_w nin $1.6 h_1$ değerinden büyük alınmaması gerekir .Ayrıca b , $h_1/16$ dan küçük olmamalıdır.

Kritik perde kalınlığının b_c , gövde kalınlığından b_w büyük çıktığı durumlarda,alanı A_{wb} olan bir başlık elemanı oluşturulmaktadır.

$$b_c^2 \leq A_{wb} \leq b_c \ell_w / 10 \quad (2.16)$$

Denklem 2.16, Şekil 2.36 da açıklanmış ve başlık elemanının boyutları hakkındaki sınırlandırılmalar özetlenmiştir. (Bakınız Ek 1)

Perde kesitlerinde tavsiye edilen boyut sınırlandırmalarının ve Şekil 2.36 görüldüğü gibi uç (başlık) elemanlarının kullanımının bir diğer önemli amacı da, Şekil 2.34 de gösterilen geniş çatlakların tamamen kapanmasından sonra, perde kesitinin eğilme dayanımını korumaktır. Bir kez düzlem dışı yer değiştirmeler olduğu zaman, perde kalınlığı (b) boyunca betonun basınç kısılması ve gerilme dağılımı düzgün olmayacaktır [Şekil 2.34 (e) den (g) ye kadar]. 2.35 de de C_c olarak gösterilen, kesitte gerekli olan basınç kuvvetinin oluşması için, tarafsız eksen derinliği (c) nin arttırılması gerekecektir. Tekrarlanan değişken düzlem dışı yer değiştirmeler [Şekil 2.34 (b)ve (d)] neticesinde, perde kesitinin basınç kenarının

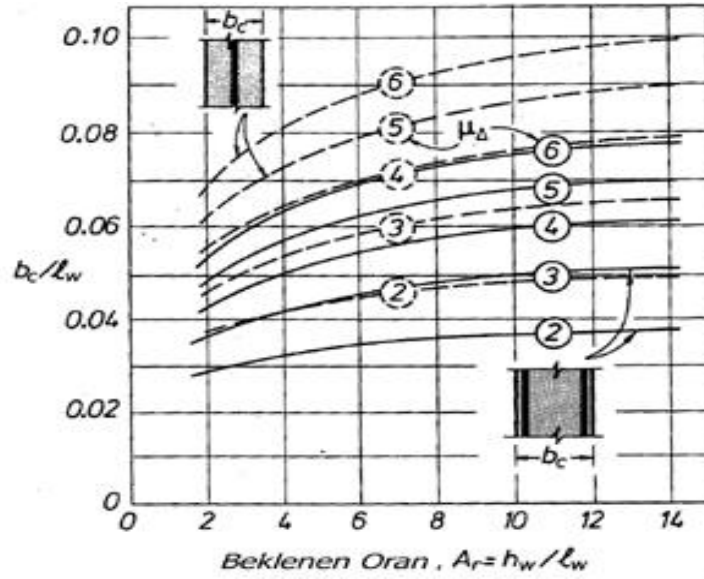


Şekil 2.35 Eğilme dayanımı altında perde kesitinin dengesi

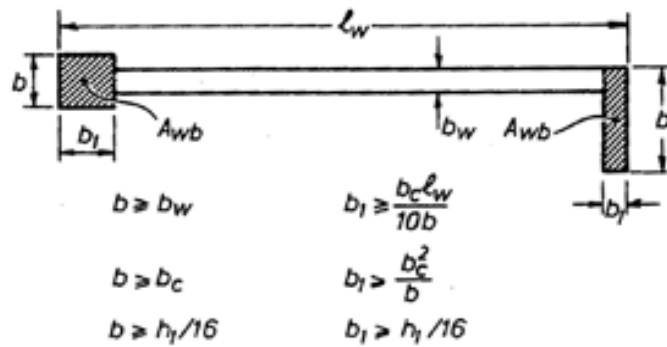
yakınındaki betondaki yumuşama (gevşeme), perdenin basınç bölgesinde, eğilme dayanımında biraz azalma olmakla beraber, kayda değer bir artışa neden olur. Asıl kaygılanılması gereken konu ise bu basınç şekil değiştirmelerindeki artışın, tehlikeli (ciddi) basınç şekil değiştirmelerinin olmayacağı tahmin edilerek sarılma yapılmamış perde bölgelerinde oluşmasıdır. Uç sarılma bölgesinin dışında oluşacak böyle bir ezilme (kırılma), gevrek göçme (kırılma) ye sebep olabilir. Şekil 2.38(c) de,

kenardan belli mesafedeki sarılmamış bölgedeki ezilme(kırılma) ile başlayan bir göçme durumu görülmektedir.

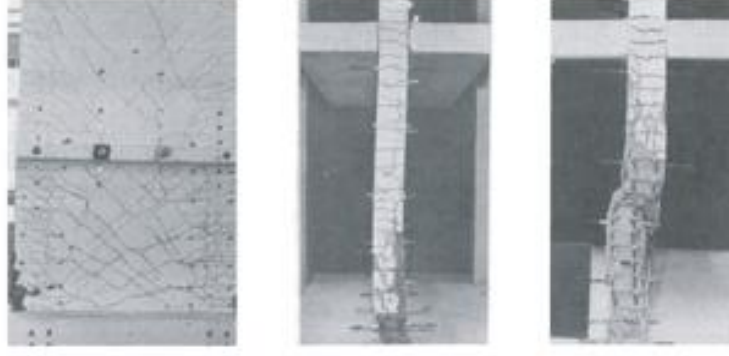
2.4.3.4 Eğrilik Sünekliğindeki Sınırlamalar Bir perde kesitindeki maksimum eğrilğin,basınç bölgesi derinliğiyle (c) ters orantılıdır.(Şekil 2.31). En dıştaki basınç lifindeki şekil değiştirme sınırı verildiğinde, basınç bölgesi derinliğini sınırlandırarak, uygun bir eğrilik sünekliği temin edilebilir. Eğrilik sünekliği ile yer değiştirme sünekliği arasındaki ilişkinin kesitin kenar oranına bağlı olduğu önceden gösterilmişti Şekil 2.33.



Şekil 2.36 Kritik Perde kalınlığı ile süneklik yer değiştirmesi arasındaki ilişki



Şekil 2.37 Plastik Mafsal bölgelerindeki sınır elemanların minimum boyutları



Şekil 2.38 Perdede plastik mafsal bölgesindeki diyagonal çatlaklar ve burulmalar

Zati yüklerden oluşan taşınması gereken eksenel yük az ve eğilme donatısı genellikle az olmasından dolayı, basınç bölgesi derinliği, küçüktür. Bu, dikdörtgen ve simetrik başlıklı perde kesitleri için genelde böyledir ve bu kesitlerin eğrilik süneklik kapasitesi, orta seviye bir depremde karşılaşılabilecek olan muhtemel süneklik talebinin oldukça üzerinde olacaktır. Bu tür perde kesitleri için, öngörülen eğriliğin oluşumunu sağlayacak, maksimum basınç bölgesi derinliğini hesaplamak için kaba fakat güvenli tarafta kalacak basit bir kontrol yapılabilir. Bir perde kesitinin akma eğriliği ;

$$\phi_y = \epsilon_y + \epsilon_{ce} / l_w \quad (2.17)$$

bağıntısından yaklaşık olarak hesaplanabilir. Bu bağıntıda ϵ_y perdenin en uç lifinde kabul edilen çeliğin akma birim uzaması, ϵ_{ce} perdenin diğer ucunda aynı anda oluşan betondaki elastik kısalmadır. İstenirse ϵ_{ce} değeri kesitin elastik analizinden belirlenebilir. Bununla birlikte, akma eğriliği, olarak olduğundan daha fazla alınmak istenirse $\epsilon_y=0.002$ ve $\epsilon_{ce}=0.0005$ değerleri kullanılabilir. Son değer, dikdörtgen bir perdede oldukça yüksek miktarda, %1 den fazla, düzgün yayılmış donatı gerektirmektedir. Bu varsayımla, [Denklem (2.17)] da gösterilen beklenen akma eğriliği $\phi_y=1.33(0.002+0.0005)/l_w=0.0033/l_w$ olarak bulunmaktadır.

Eğrilik sünekliği μ_ϕ ve buna bağlı olarak beklenen yer değiştirme sünekliği μ_Δ , yük azaltma katsayısı R nin seçiminde tahmin edilir (Şekil 2.33 teki bilgi kullanılabilir). Konsol perdeler için ($A_r=h_w/l_w \leq 6$ ve $\mu_\Delta \leq 5$ gibi) tekrar sınırlayıcı varsayımlar yapılarak (pratikteki çoğu uygulamada bu değerlerden daha büyükleriyle

karşılaşılr) Şekil 2.33 ten $\mu_\phi=13$ bulunur. İstenen maksimum eğriliğin $\phi_u=13*0.0033/l_w=0.043/l_w$ oluşmasına bağlı olarak, beton basınç şekil değiştirme sınırını $\epsilon_c=0.004$ olarak belirleyerek, $\phi_u=0.004/C_c=0.0043/l_w$ bulunur. Maksimum basınç derinliği $c_c=l_w/10$ dur.

Kaliforniya Üniversitesinde Berkeley de yapılan testlerde, $l_w=2388$ mm (94 in.) uzunluğundaki ve şekil değiştirme süneklik oranı $\mu_\Delta=9$ mertebelerinde olan perdelerde, elde edilen ortalama eğrilikler $0.045/l_w$ ile $0.076/l_w$ arasında bulunmuştur

Bu tür eğrilik sünekliği ($\mu_\phi \approx 13$) gerçekleştiğinde ve $\epsilon_c=0.004$ olduğunda, maksimum çekme şekil değiştirmeleri %4 e yaklaşacak ve bunun sonucunda çelikte belirgin bir pekleşme görülecektir. Bu durumda, perde kesitinin eğilmeye karşı ek dayanımı $M_{o,w}$ (kısım 1.3.3(f)) harekete geçirilmiş olacaktır. Kapasite tasarımına (taşıma gücü) uygun olarak, perde taban kesitinin eğilmeye karşı ek (fazla) dayanımı detaylı olarak hesaplanmalıdır [Kısım 2.4.2(d)]. Bu yüzden, c_c nin yerine eğilmeye karşı ek (fazla) dayanıma ilişkilendirmek daha uygun olur. Eğilme dayanımında ve beklenen sünekliklerdeki eksiklik ve fazlalıkların oranlarında tolerans sağlanarak Denklem 2.18(a) aşağıdaki gibi düzenlenebilir.

$$c_c = \frac{M_{o,w}}{(\lambda_o M_E / \Phi) 10} \frac{5}{\mu_\Delta} \frac{l_w}{\mu_\Delta} = \frac{M_{o,w}}{2.2 \lambda_o \mu_\Delta M_E} l_w \quad (2.18.b)$$

Denklem 2.18(b) de yapılan kontrol, güvenli tarafta kalmayı sağlamaktadır. Ek kopma dayanımına ulaşıldığı anda hesaplanan c , eğer c_c değerinden küçük ise, beklenen maksimum şekil değiştirmeler $\epsilon_c=0.004$ den küçük olacağından basınç altındaki beton için endişelenecek bir şey yoktur.

Kritik basınç derinliğinin değerin belirlenmesi için daha detaylı bir tahmin, çekme donatısının akma dayanımı ve kenar oranı A_r nin değişimini göz önünde bulundurarak, Şekil 2.33 te verilen bağıntının bir adım ötesi olarak denklem 2.18(c) şeklinde yapılabilir.

$$c_c = \frac{k_c M_{o,w}}{(\mu_\Delta - 0,7) (17 + A_r) \lambda_o f_y M_E} l_w \quad (2.18.c)$$

Bu denklemde $k_c=3400$ Mpa (500 ksi) dır. Eğer kenar oranı A_r , 6 yı geçmezse denklem 2.18(c) den bulunan c_c her zaman Denklem 2.18(b) den bulunacak değerden büyük olacaktır. Eğer c (denklem 2.18(c)) verilen değerden büyük çıkarsa,uçlardaki beton şekil değiştirmesinin $\epsilon_c=0.004$ den büyük olacağı beklenmeli ve planlanan sünekliği korumak için basınç altındaki beton sarılmalıdır.

T veya L şekilli perde kesitleri veya bir tarafındaki donatı diğer tarafındaki donatıdan oldukça fazla olan perde kesitleri kullanıldığında,akma eğriliği ϕ_y ilk prensiplere göre kontrol edilmelidir. Bu durumda kesitteki basınç derinliği denklem 2.18d (düktilite) bağıntısıyla bulunabilir.

$$C = \frac{0,004}{\mu \phi \phi_y} l_w \quad (2.18 d)$$

2.4.3.5 Perdelerin Sarılması Eğrilik bağıntılarının c/l_w oranı bakımından incelenmesi sonucu , hesaplanan tarafsız eksen derinliğinin kritik derinlik c_c den büyük olduğu durumlarda, en azında basınç bölgesinin bir kısmının sarılmasının gerektiği görülmüştür. Bir perdenin muhtemel plastik mafsallarda basınç tarafında kullanılacak enine donatısının belirlenmesinde birbiriyle ilişkili sarılacak beton alanı, kullanılacak etriye miktarı olmak üzere iki parametre vardır. Burkulmayı önlemek için düşey donatının sarılması başka bir durumdur.

(i) Sarılacak Olan Beton Basınç Bölgesi: Sarılmamış betonun, 0.004 ü aşan şekil değiştirmeleri karşılamayacağı kabul edilir. Şekil 2.39daki (1) numaralı şekil değiştirme profili, en uçtaki basınca çalışan beton liflerindeki şekil değiştirmeler 0.004 e ulaştığında, meydana gelecek kopma eğriliğini ϕ_u göstermektedir. Bu eğrilik, varsayılan yer değiştirme sünekliğini, μ_Δ , belirlemek için gereklidir. Bu durumdaki tarafsız eksen derinliği c_c Denklem 2.18 kullanılarak bulunabilir. Tarafsız eksen derinliğinin c daha büyük olduğu durumlarda ,aynı kopma eğriliğini elde etmek için, basınç şekil değiştirmelerinin 0.004 ten büyük olduğu kesitin uzunluğu $\alpha'c_c$ olarak değişir. Sarılacak uzunluk bu uzunluktur. Şekil 2.39 dan geometrik olarak $\alpha'=1-c_c/c$ olarak bulunur. Bununla birlikte, Şekil 2.31, Şekil 2.32 ve Şekil 2.18 de gösterilen olağan eğrilik ve süneklik ilişkilerinin incelemelerindeki bazı kısıtlamalar

($c/c_c < 1$ olduğu durumlarda) c nin c_c den çok az miktarda büyük olduğu durumlarda, oldukça küçük ve pratik olmayan α değerleri elde edilir. 0.5 lik alt sınır bu tür durumlar için tavsiye edilmiştir. Bu yaklaşımın uygulaması Kısım 4.2 de gösterilmiştir.

dikdörtgen ve poligonal etriyelerin ve çirozların kullanılması tavsiye edilir. Bu durumda ;

$$A_{sh} = 0,3 s_h h'' \left(\frac{A_g^*}{A_c^*} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yh}} \left(0,5 + 0,9 \frac{c}{l_w} \right) \quad (2.20a)$$

$$A_{sh} = 0,12 s_h h' \frac{f_c'}{f_{yh}} \left(0,5 + 0,9 \frac{c}{l_w} \right) \quad (2.20b)$$

c / l_w 0.3 ü aştığı pek nadirdir. Yukarıdaki denklemlerde :

A_g^* = Denklem 2.19 a göre sarılacak perde kesitinin brüt alanı

A_c^* = A_g^* içinde, dıştaki etriyelerin dışından dışına kadar olan çekirdek alanıdır.

Yani sarılacak alan, Şekil 2.31 ve 2.32 deki örneklerde çapraz tarama ile gösterildiği gibi, basınç ucunda αc_2 ye kadar uzamaktadır.

Sarılmanın etkili olabilmesi için, kapalı etriyelerin veya ek etriyelerin çiroz aralıklarının, perdenin sarılan bölgesinin kalınlığının yarısından veya 150 mm den az olmaması gerekir. (Hangisi küçükse o kullanılmalıdır.) Eğer sarılma gerekiyorsa tek sıralı donatının kullanılamayacağı açıktır.

(iii) Düşey Sarılma Bölgesinin Belirlenmesi (Sarılma Bölgesinin Yüksekliği):Etriyelerin sarılma bölgesi muhtemel plastik mafsallık bölgesi boyunca olmalıdır. Bu uzunluk için, $2 l_w$ yi geçmemek şartıyla, perde boyu l_w veya $h_w / 6$ değerlerinden büyük olanı kullanılabilir. Bunun uygulaması Kısım 4.2 de verilmiştir.

(iv) Boyuna Donatıların Stabilesi :Sarılma bölgesinin bir diğer avantajı da boyuna donatıların burkulmasını önlemesidir. Bu donatılar basınçtan dolayı akabilirler. Perdedeki boyuna donatılar için de kolon ve kirişlerdeki basınç donatıları için verilen şartlar kullanılacaktır.

Çift sıra donatılı perdelerin, sadece boyuna donatıların muhtemel akma göstereceği bölgelerdeki donatıların yatay olarak sarılması dikkate alınmıştır. Bu işlem basınç dayanımına büyük katkıda bulunur. Tipik olarak, uç kısımlarda veya uç elemanlarında donatılar daha çok etkilenir. Buna göre, Denklem 2.21 den hesaplanan boyuna donatı oranı ρ_l in $2/f_y$ (Mpa) ($0.29/f_y$ (ksi)) değerini aştığı bölgelerde, alanı A_{te} hesaplanan ve s_h boyuna donatı çapının altı katını geçmeyen

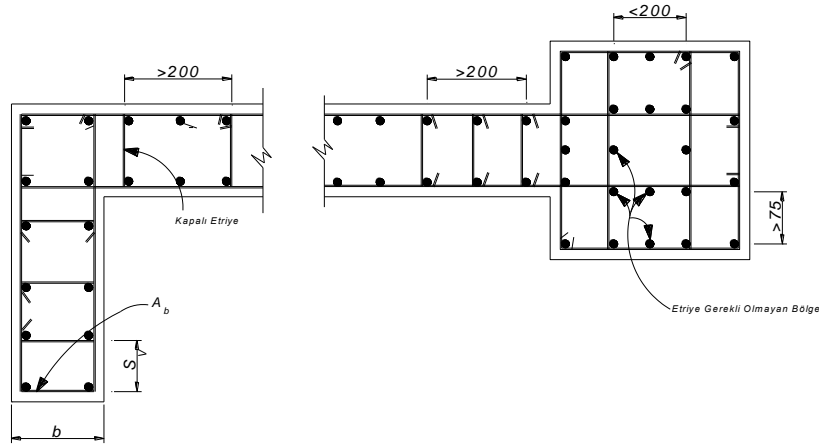
etkiye ve çirozlar kullanılmalıdır. Düşey donatı oranı ki bu oran yatay donatı ihtiyacını da belirler.

$$\rho_1 = \Sigma A_b / bs_v \quad (2.21)$$

formülüyle hesaplanabilir. Bu denklemdeki terimler ve yukarıdaki şartların açıklaması Şekil 2.40 da görülmektedir. Denklem 2.21 in açıklaması olarak Şekil 2.40 da sol taraftaki perde göz önüne alınırsa $\rho_1 = 2A_b / bs_v$ olacaktır.

$\rho_1 > 2/f_y$ (Mpa) (0.29/ f_y (ksi)) olduğu durumlarda, sarılacak bölgenin basınç kenarından olan mesafesi $c - 0.3c_c$ veya $0.5c$ den küçük olamaz. Bu mesafe boyunca olan boyuna donatılarda akma görüleceği beklenmelidir.

Şekil 2.40 da perde kesitinin sağında görüldüğü gibi, dikdörtgen kafa elemanlarında düşey donatının dairesel olarak konumlandırılmasının ve dolayısıyla çekirdek bölgesi spiral veya dairesel etrilerle sarılmasının, pas payının



Şekil 2.40 Perdede potansiyel akma bölgesindeki enine donatılar

düşülmesinden sonra çok miktarda beton kaybı olmasına rağmen, gayet etkili olduğu tespit edilmiştir.

$\rho_1 > 2/f_y$ (Mpa) (0.29/ f_y (ksi)) olduğu ve basınçtan dolayı akmanın beklenmediği üst katlardaki perde kesitlerinde, yatay donatılar, düktil çerçevelerde kolonların kritik olmayan orta bölgeleri için önerilen şartları sağlamalıdır.

(v) **Özet: Perdelerin Sarılmasıyla İlgili Şartlar:** Bir perdenin potansiyel akma bölgesindeki yatay donatılar için gerekli şartlar Şekil 2.41 da ki perde kesiti üzerinde özetlenecektir.

1. Verilen yatay yük uygulama yönü (kuzey) için, hesaplanan tarafsız eksen derinliği, Denklem 2.18(b) ve (c) ile verilen kritik değeri c_c geçtiğinde, basınç bölgesinde dıştan α_c lik bir uzunluk boyunca (taralı alanla gösterilen) olan bölge Kısım 2.4.3(e) de anlatıldığı üzere sarılmalıdır.

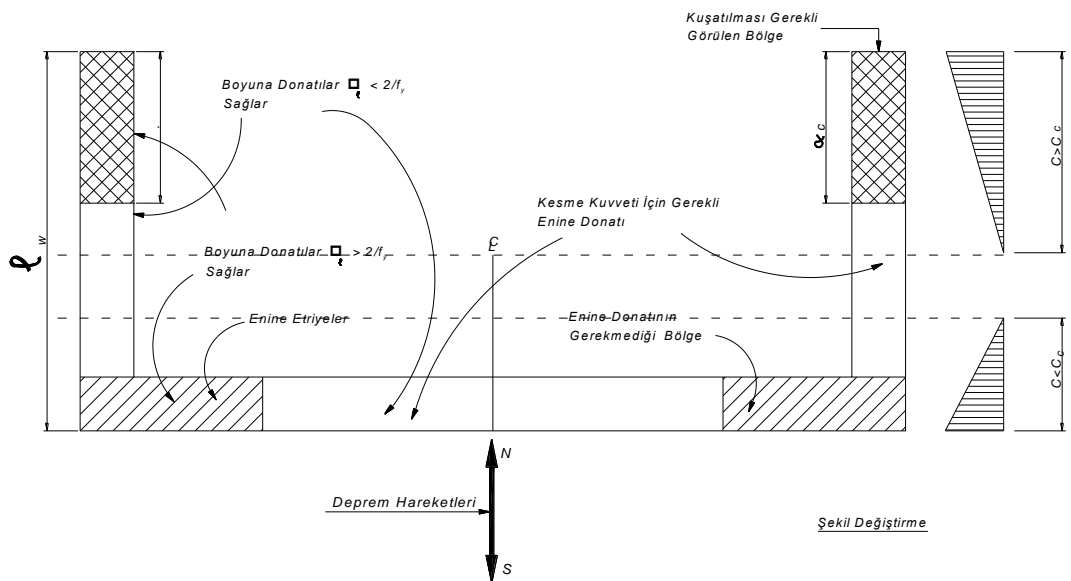
2. $\rho_l > 2/f_y$ (Mpa) (0.29/ f_y (ksi)) olduğunda, perdenin tek yönlü taranmış başlık kısmında, tipi Şekil 2.39 da gösterilen burkulmayı önleyici etriyeler kullanılır. Denklem 2.22 ye göre kullanılmalıdır.

$$A_{te} = \frac{\Sigma A_b f_y}{16 f_{yt}} \frac{s}{100} \quad (2.22)$$

3. Perdenin gövde bölümünde $\rho_l > 2/f_y$ (Mpa) (0.29/ f_y (ksi)) olduğu zaman, düşey donatılar Kısım 2.4.3(e)(4) te anlatıldığı gibi burkulmayı önleyici etriyelerle sarılmalıdır. Etriyelenen bölgeler taranmıştır.

4. Taranmayan diğer bölgelerde, yatay donatı sadece kesme kuvveti için olan şartları sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir.

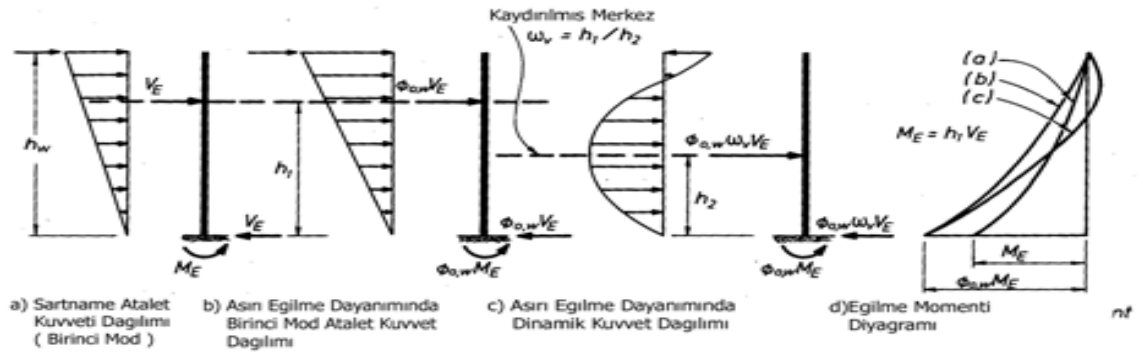
5. Diğer bölgelerde basınca çalışan betonun sarılmasının gerekli olup olmadığına, düşünülüp mühendislik yorumuyla karar verilmelidir,örneğin çapraz yönde deprem etkisi altındaki perdenin gövdesinin başlığa birleştiği köşelerinde Şekil 2.41.



Şekil 2.41 Perde kesitinin bölümlerinde farklı amaçlar için gerekli enine donatılar

2.4.4. Kesme Kontrolü

2.4.4.1 Kesme Kuvvetinin Belirlenmesi Perde sistemlerinin beklenen sünek davranışının kesme kuvveti tarafından önlenmesini sağlamak ve tekrarlı yük etkisinde kesme etkilerinin tekil olarak enerji yayılımını azaltmaması için kesme etkilerinin oluşumu engellenmelidir. Bu nedenle şiddetli depremlerde perde tarafından taşınan maksimum kesme kuvvetinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Enerjinin çerçevelerde olduğu gibi eğilme şekil değiştirmeleri ile yutulması istenir.



Şekil 2.42 Yönetmelik ile dinamik yatay kuvvetlerin karşılaştırılması

Kapasite tasarım felsefesine göre bir yaklaşım ve bunun uygulanışı sünek çerçeveler gibidir. Hesap kesme kuvvetinin perde tabanında M_o eğilme aşırı dayanımıyla bulunan kesme kuvvetinden az olmaması gerekir. Bunun için de perdeye ait eğilme dayanımın değeri $M_{o,w}$ ve deprem yüklerinin yüksek modlardaki etkileşimlerin bilinmesi gerekmektedir. Şekil 2.31’de görüldüğü gibi küçük tarafsız eksenli perde kesitlerinde çekme donatısının erken pekleşmesi nedeniyle büyük dayanımlar oluşmaktadır. Eğer beton deprem esnasında f_c' dayanımına ulaşırsa, perdenin eğilme dayanımı artacaktır. Kesme kuvveti dinamik etkilerden dolayı artan etkin 1.mod etkileşiminde katlardaki atalet kuvvetlerinin dağılımı Şekil 2.42 (a) ve (b)’de gösterildiği gibi olacaktır. Atalet kuvvetlerinin bileşkesinin etki ettiği nokta tabandan itibaren $h_1 \approx 0.7 h_w$ olarak bilinmektedir. İkinci ve üçüncü titreşim modları etkili ise kat atalet kuvvetlerinin dağılımı Şekil 2.42 (c) de gösterildiği gibi olacak ve bileşkenin etki ettiği h_2 uzaklığı küçülecektir. Bu durumda perde tabanında M_o aşırı eğilme dayanımı ile oluşan plastik mafsalda ortaya çıkan kesme kuvveti ilk

durumdan daha büyüktür. Her üç kuvvet dağılımı için eğilme momentlerinin durumu 2.42 de gösterilmiştir.

Yüksek modların kesmeye olan katkısı, yapının etkin periyodu arttıkça artacaktır. Birtakım çalışmalar neticesinde toplam kesme kuvveti(hesap kesme kuvveti) hakkında aşağıdaki formül ile bir tahmin yapılabilir. Kesme kuvveti artışı kat sayısı ile artmaktadır.

$$V_u = V_{perde} = \omega_v \Phi_{o,w} V_E \quad (2.23)$$

V_E yönetmeliklerdeki yatay statik kuvvetlerden elde edilen kesme kuvvetidir. ω_v dinamik kayma faktörüdür; 6 ve daha az katlı yapılar için

$$\omega_v = 0,9 + n / 10 \quad (2.24a)$$

6 ve daha fazla katlı yapılar için;

$$\omega_v = 1,3 + n / 30 \quad (2.24b)$$

olarak alınmaktadır.

Burada n kat sayısını göstermektedir, parametrik ve analitik çalışmalara göre; dinamik kesme kuvveti aynı zamanda beklenen yer ivmesinin fonksiyonu şeklindedir.

Denklem 2.23'den elde edilen hesap kesme kuvveti, kritik değer olacak ve perde kalınlığının tayin edilmesini sağlayacaktır. Bu denklem aynı zamanda yönetmeliklerde üst katlardaki yatay kesme kuvvetini belirlemek için de kullanılmaktadır. Bu sadece bir yaklaşım olup, elastik olmayan dinamik analiz tavsiye edilmektedir. Çünkü hesap kesme kuvvetinin değeri, üst katlarda alt katlara göre daha az değerdedir ve bu katlarda davranış elastik olmayan eğilme davranışdır. Yüksek katlarda bazen kesme kuvvetinin tayini kritik olmaktadır.

Orta ya da az katlı binaların perdelerde, gerekenden daha fazla eğilme dayanımına sahip olabilir. Bu tür perdeler için hesap kesme kuvveti aşağıdaki eşitsizlikle sınırlandırılabilir;

$$V_{\text{perde}} \leq \mu_{\Delta} V_E / \Phi \quad (2.25a)$$

Denklem 2.25(a) ve Denklem 2.10 birleştirilerek aşağıda belirtilen eşitsizliğe gidilebilmektedir;

$$V_{\text{perde}} \leq \frac{I_i}{\sum I_i} \mu_{\Delta} V_E / \Phi \quad (2.25b)$$

2.4.4.2 Diyagonal Çekme ve Basıncın Kontrolü

(i)Elastik olmayan bölgeler : Kirişin gövde kesitlerinde kesme dayanımının sağlanması için hem boyuna hem de enine donatıların kullanılması gerekmektedir. İdeal gerilme için ortalama kayma gerilmesi v_i ($d = 0,8 l_w$ alınarak)

$$v_i = V_i / 0,8 b_w l_w \quad (2.26)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

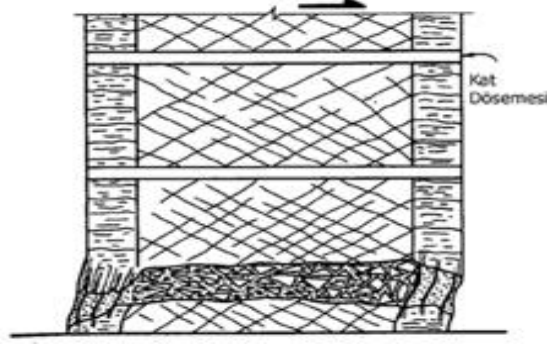
$$A_v \geq \frac{(v_i - v_c) b_w s}{f_y} \quad (2.27)$$

formülü ile hesaplanan gövde donatısı bütün perde kesitinde yerleştirilmelidir. Donatıların düşey aralıkları $S_v \leq 450 \text{ mm}$, perde kalınlığının 2,5 katını geçmemelidir ya da en çok 450 mm olmalıdır. (Bakınız Ek 1)

Diğer bütün şartların eşit olması durumunda yapılan deneylerde, küçük çaplı donatıların sık aralıklarla kullanılması halinde perdenin tepkisinin daha uygun olduğu görülmüştür.

Yüksek kesme gerilmelerine maruz kesitlerde ilave kesme donatısı kullanılsa bile çapraz basınç çatlakları oluşabilir. Dolayısıyla şartnameler v_i değeri için daha yüksek bir sınır belirlemiştir Şekil 2.38 de gösterildiği üzere perde gövdesi her iki yönde diyagonal olarak ağır bir şekilde çatladığı için, mekanizma oluşturmak için gerekli olan betonun basınç dayanımı dramatik şekilde azalabilir. Dolayısıyla bu

bölgede elastik bölgelerdeki kesme kuvvetinin %80'inin sınır olarak alınması tavsiye edilir (örn. $v_{i,maks} < 0.16 f'_c$).



Şekil 2.43 Tekrarlı yüklemelerde perdeler için oluşan göçme durumu

Portland Çimento Birliği ve Berkeley' deki Kaliforniya Üniversitesi tarafından yapılan testler, yukarıda anlatılan kesme kuvveti sınırlandırmasına rağmen birkaç sefer tersinir yükleme sonrasında yer değiştirme süneklik oranı 4 veya daha fazla olanları kapsayacak şekilde plastik mafsallık bölgesinde gövde kırılmalarının olabildiğini gösterdi. Uygulanan süneklikler 3 veya daha az olduğunda $0.16 f'_c$ ye eşit veya daha küçük kesme gerilmeleri sağlanabilmektedir. Perdenin tüm boyunca ilerleyerek oluşan gövde kırılması Şekil 2.43 de görülmektedir. Boyuna yönde iyi donatılmış kenar elemanları teşkil edilirse, panelin (gövdenin) göçmesinden sonra bu elemanlar kısa kolon olarak davranacağından önemli kesme kuvvetleri taşınabilir. Ancak ikinci savunma hattı olan kenar elemanlarına güvenmektense ilk etapta panelde çapraz basınç kırılmasına dayalı göçmeyi önlemek tavsiye edilir. Bunu mümkün kılmak için ya yüksek kesme gerilmeli perdede süneklik isteği azaltılmalı ya da bu yapılamadığı takdirde, diyagonal basıncın bir ölçütü olan kesme kuvveti aşağıdaki gibi sınırlandırılmalıdır.

$$v_{i, maks} \leq \left(\frac{0,22 \Phi_{o,w}}{\mu_{\Delta}} + 0,03 \right) f'_c < 0,16 f_c \leq 6 \text{ MPa } (870 \text{ psi}) \quad (2.28)$$

Örneğin $\Phi_{o,w} = 1.4$ ve $\mu_{\Delta} = 5$, $V_{i,maks} = 0.092 f'_c$ gibi tipik dayanım üstü değerlerine sahip bir perde çiftini ele alalım. Sınırlandırılmış süneklik durumunda $\Phi_{o,w} = 1.4$ ve $\mu_{\Delta} = 2.5$ değerleri için önerilen maksimuma yakın bir değer olan

$v_{i,maks} = 0.153f'_c$ değeri çıkar. Ayrıca denklemde tasarımcı $\Phi_{o,w}$ değerini büyük vererek daha küçük çekme dayanımı isterse süneklik isteğinde bir azalma ve dolayısıyla müsaade edilebilir maksimum kesme gerilmesinde bir artış olacağı görülmektedir.

(ii) Elastik Bölgeler: Perdelerin daha üst katlarında süneklik isteği ortaya çıkmayacağı için, kapasite tasarımı kurallarına ve Şekil 2.29 da gösterilen moment zarfına uygun olarak tasarım yapıldığında kesme dayanımı azalmayacaktır. Elastik olmayan bölgelerde uygulanan bazı sınırlamalar böylece gereksiz hale gelir.

2.4.4.3 Perdelerde Kesme Kayması: Perdelerde iyi dağıtılmış donatı davranışını önemli derecede etkileyebilen ve yüksek yoğunluklu tersinir kesmeden oluşan kirişlerdeki kaymaya nazaran daha iyi kayma kontrolü sağlar. Çünkü, perde gövdesinde iyi yerleştirilmiş ve üniform dağıtılmış düşey donatılar daha iyi çatlak kontrolü sağlar ve potansiyel kayma düzleminde daha iyi kesme dayanımı yaratır. Daha iyi performansın bir başka nedeni ise perdelerin zati ağırlıklarının yarattığı normal kuvvet etkisinin kesitle bir önceki yük yoğunlaşmasında akan donatının etrafında oluşan çatlakların kapanmasına yardımcı olmasıdır. Kirişlerde eğilme donatıları boyunca oluşan birkaç küçük çatlak gövde boyunca birleşerek potansiyel bir kayma düzlemi yaratacak şekilde büyük çatlaklara dönüşebilir. Denklem (2.28) ile verilen kesme gerilmesi sınırlaması ile oluşan daha iyi çatlak kontrolü dolayısıyla gerekli gözükmemekle beraber, düşük süneklikli birkaç perde durumu dışında, plastik mafsallık bölgesi boyunca oluşan potansiyel kayma düzlemlerinde diyagonal donatı yerleştirilmesi gibi tavsiye edilir. Yapı düğüm noktaları gibi potansiyel yatay kayma düzlemlerini geçen düşey donatıların aralıkları perde kalınlığının 2.5 katını veya 450mm' i geçmemelidir. Plastik mafsallık bölgesindeki kayma düzlemleri boyunca daha küçük, örneğin perde kalınlığı kadar donatı aralığı kullanılması tercih edilir.

Yapı düğüm noktaları kaymaya bağlı büyük yer değiştirmelerin olabileceği potansiyel güçsüz düzlemlerdir. Dolayısıyla bu bölgede setleşmiş betonun yüzeyinin pürüzlendirilmesine dikkat ve önem verilmelidir. Ancak böylece kesme sürtünmesi prensipleri uygulanabilir. Ayrıca düğüm noktasında geçen düşey donatılar göre belirlenmelidir. Genellikle mevcut toplam düşey donatının kesme için gerekli donatıda büyük olup olmadığı kontrol edilir. Gerekli olan kenetlenme faaliyetini sağlamak amacıyla kullanılan efektif donatıyı değerlendirirken, perde kesitlerine

yerleştirilen tüm düşey donatılar [Şekil 2.5 (a) ila (d)] göz önünde bulundurulabilir. Kesme transferi özellikle gövdede olduğu için Şekil 2.5 (e) ila (h)'ta gösterilen tarzdaki geniş başlıklara yerleştirilen düşey donatılara güvenilmemelidir.

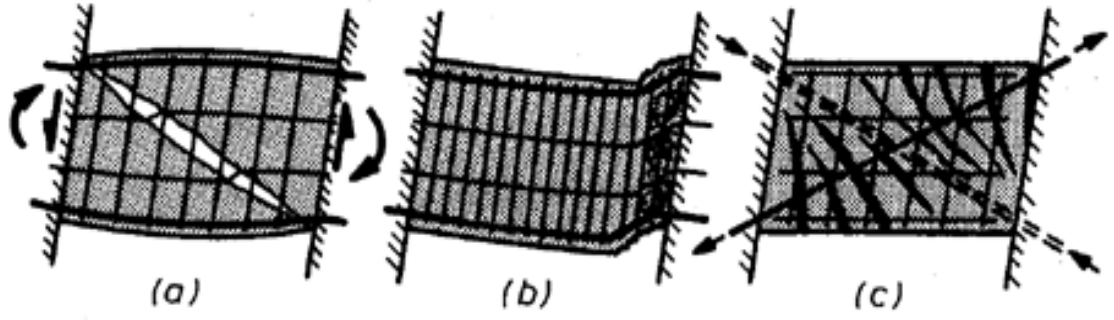
Denklem (2.4) ($A > 0.33$) sağlayan tam perde çiftlerinde, yapı tek konsol olarak düşünülerek, her iki perdenin tüm kesmeyi transfer ettiği düşünülür ve deprem kaynaklı eksenel yükün her bir ayrı elemanda göz önünde bulundurulmasına gerek kalmaz. Ancak, $A < 0.33$ olan zayıf perde çiftlerinde yapı düğüm noktaları tekil olarak ele alınmalı ve zati ile deprem kaynaklı eksenel yük göz önünde bulundurulmalıdır.

2.4.5. Perde Çiftlerinin Dayanımı

2.4.5.1 Göçme Mekanizmaları ve Davranış

Şekil 2.11 de gösterilen perde çiftleri arasındaki kirişlerin deprem esnasındaki birincil görevi Şekil 2.22(c)'de gösterildiği üzere bir perdeden diğerine kesme transferini sağlamaktır. Bu tarz perde çiftleri irdelenirken deprem esnasında bağ kirişlerinde perdelerle nazaran çok daha büyük elastik olmayan yer değiştirmeler oluşabileceği gözden kaçmamalıdır. Ayrıca perde yer değiştirmesinin yarım turunda, perde eğrilğine karşı hassas olan bağ kirişlerinde birkaç adet tersinir moment değişimi olabilir. Bu olay genellikle yapının ikinci ve üçüncü modlarındaki tepkisi dolayısıyla oluşur. Dolayısıyla bir deprem esnasında bağ kirişlerinde perdelerden çok daha fazla sayıda moment tersinirliği beklenebilir.

Birçok bağ kirişi etriye ile sarılmış eğilme elemanı olarak tasarlanır ve betonun kesme dayanımı göz önünde bulundurulur. Bu tarz kirişler Şekil 2.44(a) da gösterildiği üzere çapraz çekme esnasında göçecektir. Bu olay 1964 Alaska depreminde tecrübe edilmiştir. Klasik çapraz çatlakların nispeten kısa bağ kirişini iki adet üçgen parçaya ayıracağı aşıkardır. Kesme kuvveti ile bağlantılı olan eğilme dayanımı aşımı perde birleşimlerinde sadece düşey etriyelerle aktarılmadığı sürece, çapraz çekme göçmesi oluşacaktır. Bu tarz kirişlerde monotonik eğilme esnasında bile tam eğilme dayanımı sağlanamayacağı için bu tarz kirişler Şekil 2.23(d) de gösterilen enerji sönümlemesi için uygun değildir



Şekil 2.44 Bağ kirişlerde kesme dayanımı mekanizmaları

Etriyelerin uygun düzenlenmesiyle kesme kuvveti kapasitesi yüksek tutulabilirse de , yön değiştiren yüklerde aderansın zayıflaması , eğilme çatlaklarının iki tarafa birleşmesine ve uç kesitlerde ani kayma gerilmesine neden olabilir Şekil 2.44 (b).Özellikle kısa açıklıklı bağ kirişlerinde Şekil 2.44(c) de görüldüğü gibi donatıların yerleştirilmesi uygun sonuç verir. Bu tür köşegen donatılar bütün boylarında sabit çekme kuvveti taşıdıklarından aderans bir sorun olmaz .Ancak uçlarının perde içindeki beton bölgesine kenetlenmesi önemlidir.Bu tür köşegen donatılar tüm donatı boyunca çekme ve basınca tabidirler. Enerji dağıtım ilkeleriyle iyi düktil davranış sağlar.

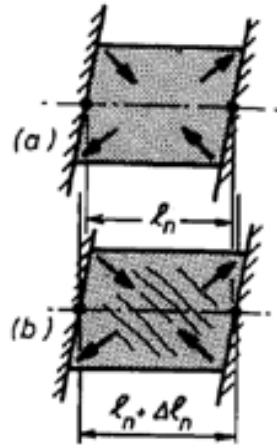
2.4.5.2 Bağ kirişlerin Donatı tasarımı : Kirişin boyutları bilinmektedir , momentin O olduğu noktada tasarım kesme kuvveti basitçe uygun diyagonal bileşenler oluşturulur. Şekil 4.4 de örnek bir kiriş gösterilmiştir.Diyagonal çekme kuvvetinden diyagonal donatı alanı kolaylıkla bulunabilir. Boşluklu perdelerin elastik olmayan cevabı sonunda diyagonal basıncı karşılamada kirişteki beton etkili olamaz ve kirişteki diyagonal donatılar kesme kuvvetinin bileşenlerini taşıma kapasitesine sahip olmalıdır. Diyagonal donatıların burkulmasını önlemek amacıyla etriye ve dikdörtgen spiraller kullanılmalıdır. Etriyeler arasındaki boşluk 100 mm den fazla olmamalıdır.Diyagonal donatılı bağ kirişlerin mekanizması Şekil 2.44 (c) ve Şekil 4.4 de gösterildiği gibidir. Düktil çerçevelerde bağ kirişli perdeler eğer normal kirişler kadar ince ise ,uçlarda plastik mafsallar oluşur, bunlar norma kirişler gibi detaylandırılabilir. Arttırılmış derinlik - açıklık (h / l_n) oranı ve arttırılmış kesme gerilmeleriyle enerji dağıtımındaki azaltma ve yanal kesme göçmesi artar.Bu yüzden

perdelerdeki bağ kirişlerde her iki doğrultuda deprem kesme kuvveti ve moment diyagonal donatılarla karşılanmalıdır.

$$V_i = 0.1(l_n / h) \sqrt{f_c} \quad (\text{MPa}) \quad (2.29)$$

Unutulmamalıdır ki ; bu kısıtlamanın önerilmesi bağ kirişler çerçevelerdeki birleştirici kirişlerden daha fazla plastik dönme talebine maruz kalır.Şekil 2.23(d) de komşu perdelerin yer değiştirmesi gösterilmiştir. Diyagonal donatıların eğimi için herhangi bir sınır yoktur. Diyagonal donatılmış kirişlerde kesme gerilmesi v_i diyagonal basıncın ölçüsünü göstermektedir.

Diyagonal donatılar Şekil 4.4 de gösterildiği gibi genelde dörtlü veya daha fazla olmak üzere gruplanırlar.Diyagonal donatılarda l_d *standart boyun (l_d) 1.5 katı olarak alınır.Şekil 4.4 de ki ikincil donatı çatlamış beton kesitini tutmak içindir. Döşemede bağ kirişle etkileşim için ek yatay donatı kullanılması gerekebilir .Şekil 2.45 (a) .Diyagonal çatlamış kirişlerde basınç uzunluğunun azaltılmasıyla çekme diyagonalinin uzunluğunun artar. Şekil 2.45(b) de çekmeye maruz kalan yatay donatıları göstermektedir.



Şekil 2.45 Elastik olmayan bağ kirişlerin uzatılması

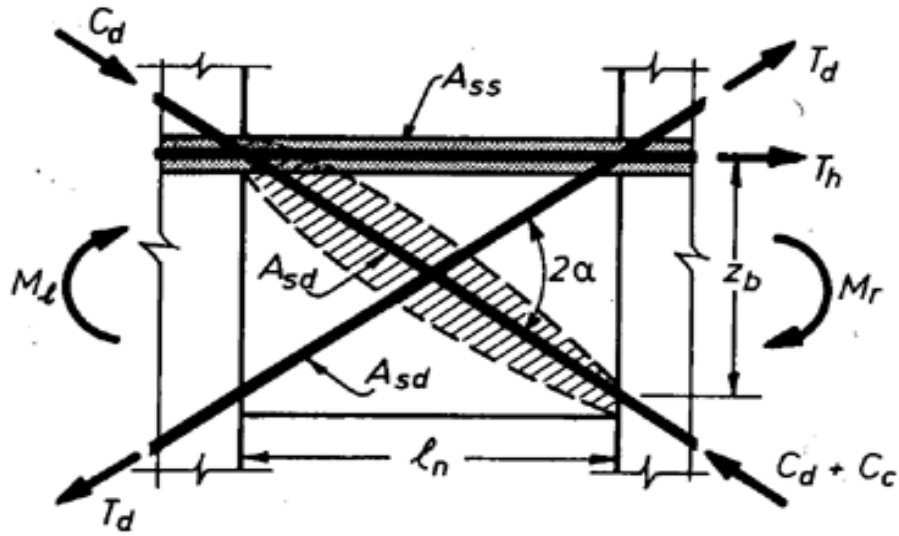
Kirişe paralel bu yatay donatı kirişin dayanımını arttıracaktır. Şekil 2.46 kirişin üstüne oturtulan döşemeyi göstermektedir. Şekil 2.46 da ki notasyonlar kullanılarak bağ kirişin sağ tarafındaki moment kapasitesi artacaktır.

$$M_r = M_l + T_h z_b = (A_{sd} \cos \alpha + A_{ss}) f_y z_b \quad (2.30)$$

Kirişin ideal kesme dayanımı aşağıdaki gibi olacaktır.

$$Q_i = \left(\frac{M_l + M_r}{l_n} \right) = (2 A_{sd} \cos \alpha + A_{ss}) \frac{z_b}{l_n} f_y \quad (2.31)$$

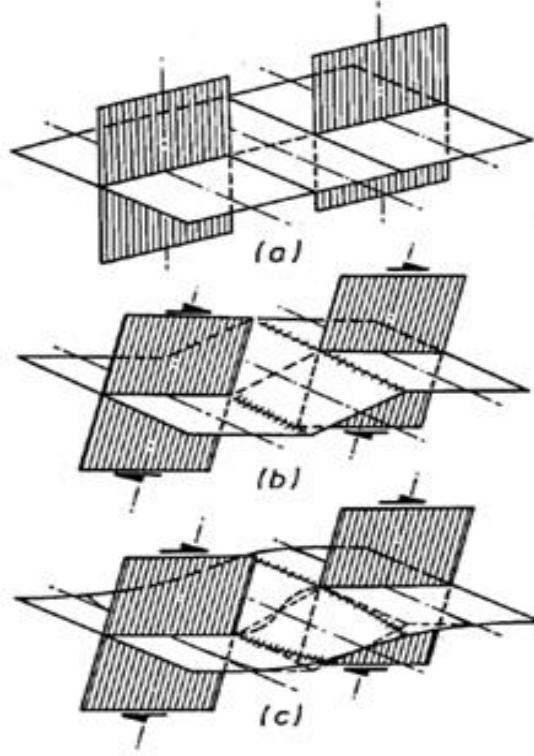
Moment ve kesme dayanımından diyagonal basınç kuvveti $C_c = T_h / \cos \alpha$ dir.



Şekil 2.46 Bağ Kirişi güçlendirmek için döşeme donatısının dağılımı

2.4.5.3 Döşemelerle Bağlı Boşluklu Perdeler Her ne kadar döşemeler kuvvet çifti oluşturma konusunda perdelerle az bir katkı yapsa da, bu husustaki rolleri göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 2.47 de döşemenin davranışı şematik olarak gösterilmiştir. Deprem esnasında perdelerde yeterli derecede büyük dönmeler oluştuğunda, Şekil 2.47 (b) de görüldüğü gibi bir mafsallaşma döşeme durumu da ve açıklık boyunca (bir perdeden diğer perdeye kesme transferi oluşturur .Ancak, döşemenin perdeye

uzak olan bölümleri daha az taşıyacaktı. Çünkü, enine eğilme ve burulma düzensizlikleri Şekil 2.47 (c)' deki gibi kenarlara yakın yerlerde eğriliği azaltacaktır. Döşemeden perdeye kesme aktarımını çoğunlukla eğrilik sünekliğinin maksimum olduğu perde kesitinin boşluk kenarında oluşacaktır. Dolayısıyla bu bölgede döşemede çoğunlukla zımbalamaya bağlı olarak lokal bir kesme göçmesi oluşabilir.



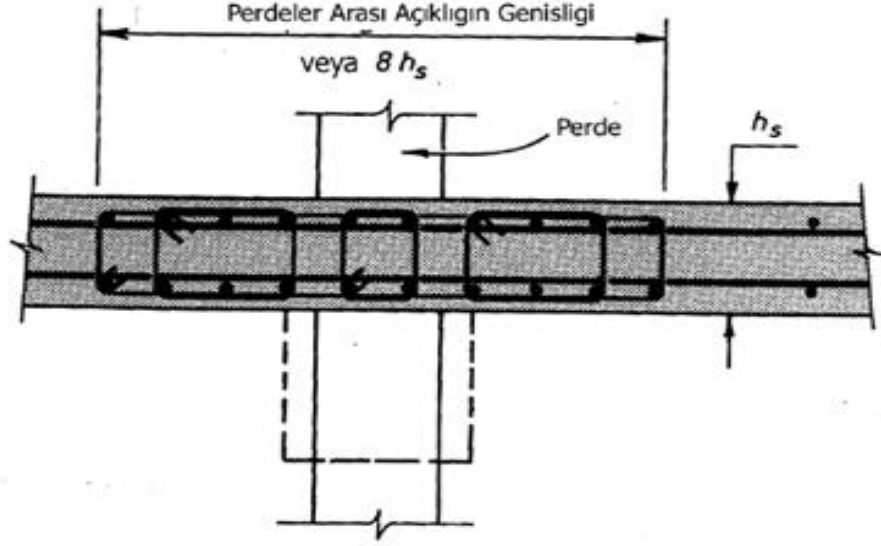
Şekil 2.47 Döşemelerle perdelerin birleştirilmesi

Döşemenin burulma çatlaması ve birleşim yerindeki kesme şekil değiştirmeleri sistemin nispeten zayıf histerik tepkisine neden olur. Dolayısıyla döşemelerin, düktil perde çifti sistemlerinde önemli miktarda enerji sönümleyici etkiye sahip elemanlar olarak düşünülmemesi tavsiye edilir.

Şekil 2.48 de gösterildiği gibi döşemenin dar bir bölgesinde yoğunluğu iyi ayarlanmış döşeme donatısı sistem davranışını biraz iyileştirecektir. Ufak çaplı etriyeler ilave kesme dayanımı sağlayacak ve yeteri kadar küçük ara ile yerleştirildiklerinde plastikleşme bölgelerinde donatının burkulmasını önleyecektir. Ancak , zımbalama açısından etkileri önemsiz olacaktır.

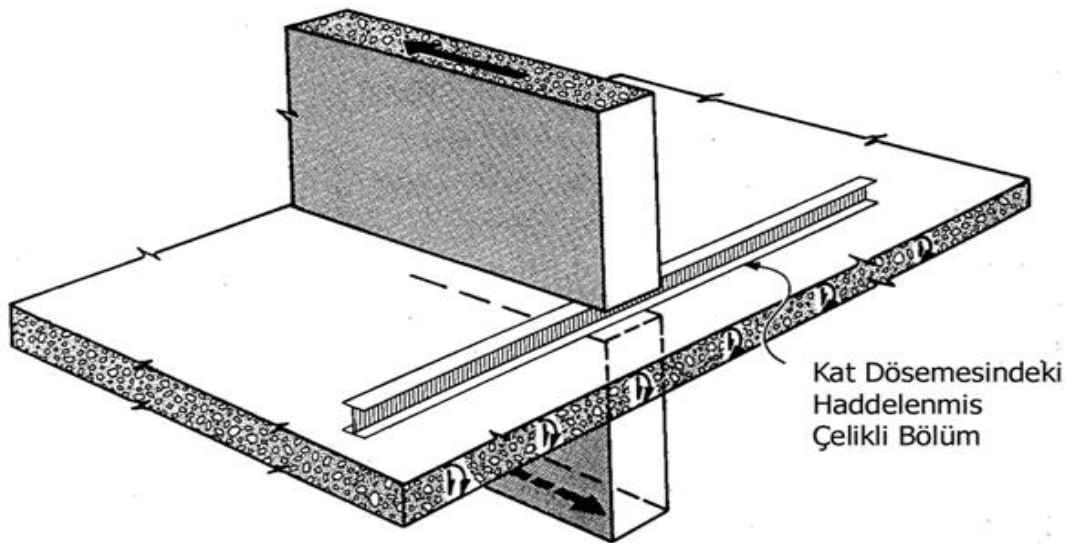
Buna benzer bir bantın etkinliği, perde kenarlarındaki kesmeye dayanma mekanizması güçlendirildiği taktirde artacaktır. Bu perde kenarı kesitinde döşeme

donatısının alt ve üst katmanları arasına küçük bir çelik profil (Şekil 2.49) yerleştirilerek sağlanabilir. Tasarımdaki mantık kirişsiz döşeme tasarımında kullanılan başlık kayma donatısı mantığıyla aynıdır.



Şekil 2.48 Bağ kirişlerde döşeme donatısı

Bu çeşit bir döşeme donatısının, açıklık boyunca teşkil edilen dar gizli kirişin (Şekil 2.48 de çizgi çizgi gösterilen) çekme dayanımına katkısı, şekilde gösterilen döşeme donatısı detayı uygulanmadığı takdirde bile aşırı olabilir. Bu olay, perdeler tarafından büyük ve elastik olmayan şekil değiştirmeler uygulandığında, dar gizli kirişte kesme göçmesinin kaçınılmaz olabileceği anlamına gelir.



Şekil 2. 49 Döşemeye birleşmiş perdenin kesme zımbalamasına göre kontrolü

3. KONSOL PERDE SİSTEMLERİNİN KAPASİTE TASARIMI

3.1 Özet

Deprem etkileri altında perdelerin davranışı , hesabı donatılması ve konstrüktif kurallar adım adım özetlenmiştir. Bölüm 3.2 de her adımı anlatan sayısal bir örnek verilmiştir.

Adım 1: Konsol Perde Sistemlerinin Planda Dağılımının Kontrolü:

Perdelerin teker teker yerleşimi,mimari gerekleri yerine getirecek şekilde,yapı mühendisi bakışı açısından incelenmelidir. Bu bağlamda,aşağıdaki hususlar özellikle önem taşımaktadır.

(a) Perde yerleşiminin yapı içindeki dağılımı basit olmalı ve istenmeyen burulma etkilerini azaltacak şekilde perdeler yerleştirilmelidir. [Bölümler 1.2.3 (b), 2.2.1 ve Şekiller 1.12, 2.2, 2.3]

(b) Döşemede büyük boşluklar olan yapılarda döşemelerden perdelerle kuvvet aktarımının yeterliliği, sağlanmalıdır.

(c) Yeterli sünekliğe sahip olacak şekilde perdenin yüksekliği boyunca gerekli kayma ve eğilme dayanımının mevcut olup olmadığının kontrol edilmelidir.

(d) Özellikle konsol perdelerle aktarılamayan büyük zati yüklerin olduğu yerlerde, kaldırma etkisi yaratan momentlere göre temel koşullarının gözden geçirilmesi gerekir, yapı temellerinin yeterliliği incelenmelidir.

Adım 2: Düşey Yüklerin ve Eşdeğer Kütlelerin Bulunması:

Bütün yapı elemanlarının yaklaşık boyutları, zati yükleri ve şartnamede tanımlanan hareketleri yükleri bulunduktan sonra:

- (a) Konsol sistemin her perdesi için tasarım sabit yükü ve hareketli yükü (Bölüm 1.3.1) ve bu yüklerin kombinasyonları (Bölüm 1.3.2) bulunur.
- (b) Yapının tüm alanına etkileyen toplam yüklerden (sabit + hareketli) hareketle, bütün katlardaki ağırlıklar W_i (kütleler) hesaplanır.

Adım 3: Eşdeğer Deprem Tasarım Kuvvetlerinin Bulunması:

Afet Bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki 1998 yönetmeliğindeki eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanarak toplam tasarım taban kesme kuvveti V_b ve her kata etkileyen F_r kuvvetlerini hesaplanır. Bu hesapta yapının periyodu T ve süneklilik kapasitesi μ_Δ (yük azaltma faktörü R) nin tahminini gerektirecektir. Bu biraz tasarım tecrübesiyle yapılabilir. Fakat, değerler daha sonra kontrol edilmelidir.

Adım 4: Yapı Sisteminin Analizi:

Tüm perdelerin kesit özellikleri hesaplanarak, perdelerin rijitlikleri oranına bağlı olarak yatay yüklerden kaynaklanan etkilerin dağıtımı yapılır [Bölüm 2.3.2 (a)]. Bu tasarımda kat kesme kuvvetlerinin eksantrikliği göz önünde bulundurulmalıdır. Her iki yöndeki depreme göre her bir perdenin kritik durumunu belirlemek için burulma etkilerinin farklı limitleri incelenmelidir.

Adım 5: Tasarım Etkilerinin Bulunması:

Her bir perde için uygun yük faktörleri kullanılarak düşey ve yanal yüklerin uygun kombinasyonları yapılır. Her iki deprem yönüne göre muhtemel tasarım büyüklükleri hesaplanır. Seçilen perde boyutlarının yeterliliğini kontrol etmek için tekil hesaplar yapılabilir. Tasarım etkilerinin yeniden dağıtılması göz önünde bulundurulmalıdır [Bölüm 2.3.2 (c)].

Adım 6: Eğilme Dayanımı İçin Tasarım:

Her bir perde için:

- (a) Bölüm 2.4.2 (a) da ki yaklaşımlar kullanılarak tabandaki boyuna eğilme donatılarının sayısı ve yerleşimi belirlenir.

(b) Seçilen donatı çaplarının ve aralıklarının verilen konstrüktif kurallara uygunluğu kontrol edilir. [Bölüm 2.4.2 (b)] ve seçilen perde ebatlarının stabilite kriterlerini sağlayıp sağlamadığı irdelenir.

(c) Arttırılmış akma dayanımı $\lambda_o f_y$ kullanılarak, taban kesitinin aşırı eğilme dayanımı $M_{o,w}$ in belirlenmesi. Donatı yerleşimi belli olunca kesitin analizi ve basınç bölgesinin derinliği c de bulunabilir. (Tarafsız eksen derinliği)

(d) Perdenin süneklik kapasitesinin $c \leq c_c$ ve plastik mafsal bölgesi yüksekliğince basınç bölgelerinin sarılması ihtiyacının tespiti.

(e) Daha yüksek bölgelerdeki kesitlerin incelenmesi ve düşey donatının azaltılması.

Adım 7: Kesme Dayanımı İçin Tasarım:

Arttırılmış perde kesme kuvvetleri V_{perde} ve bunlara karşılık gelen kayma gerilmeleri belirlenir. Bu değer potansiyel plastik mafsal ve elastik bölgelerde müsaade edilebilir maksimum değerlerle karşılaştırılır. Bu bölgeler için beton kesitinin kesme dayanımına katkısı V_c hesaplanır ve gerekli olan yatay kayma donatısı büyüklüğü belirlenir. Kayma dayanımı kontrol [Bölüm 2.4.4 (c)] edilir. (Bakınız Ek 1)

Plastik mafsal bölgeleri hariç kullanılacak eşitlik

$$V_c = 0.27 \sqrt{f_c'} + P_u / 4A_g \text{ (MPa)} \quad (3.1)$$

Plastik mafsal bölgelerinde kullanılacak eşitlik

$$V_c = 0.6 \sqrt{P_u / A_g} \text{ (MPa)} \quad (3.2)$$

$$A_{vf} = (V_u - \Phi \mu P_u) / \Phi \mu f_y \quad \text{dir} \quad (3.3)$$

Adım 8: Enine Donatının Detaylandırılması:

Perde tasarımının son aşaması aşağıdakileri içerir:

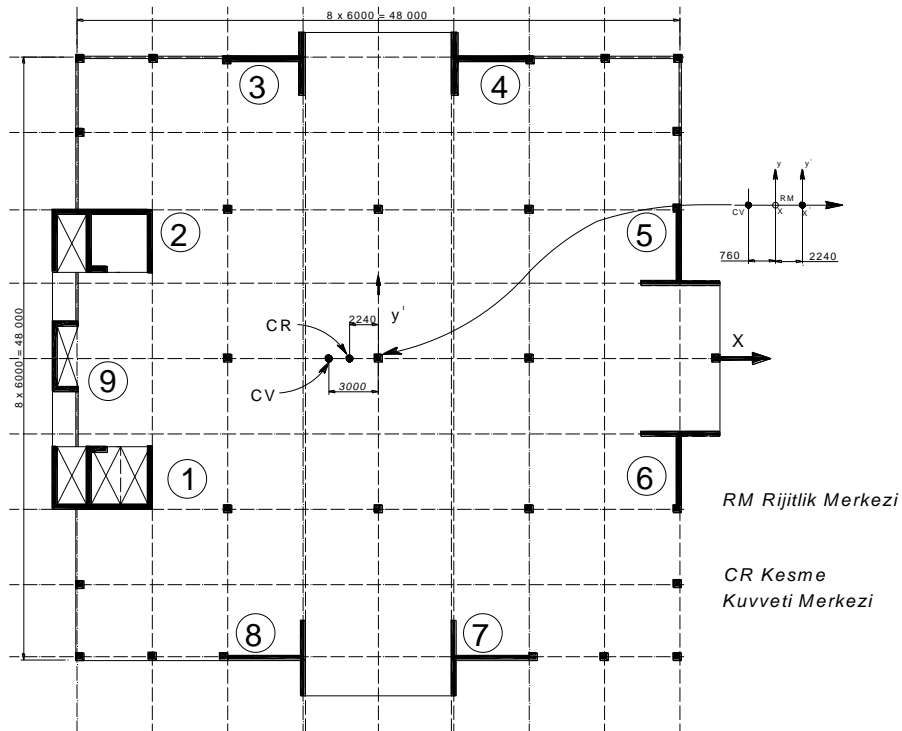
(a) Basınç bölgesinde burkulan düşey donatının ve muhtemelen betonun kuşatılma koşullarını etriye aralığına bağlı olarak yerine getirmek için etriye ve bağ donatılarının belirlenmesi [Bölüm 2.4.3 (e)].

(b) Yatay kesme donatısının boylarının ve aralıklarının belirlenmesi .

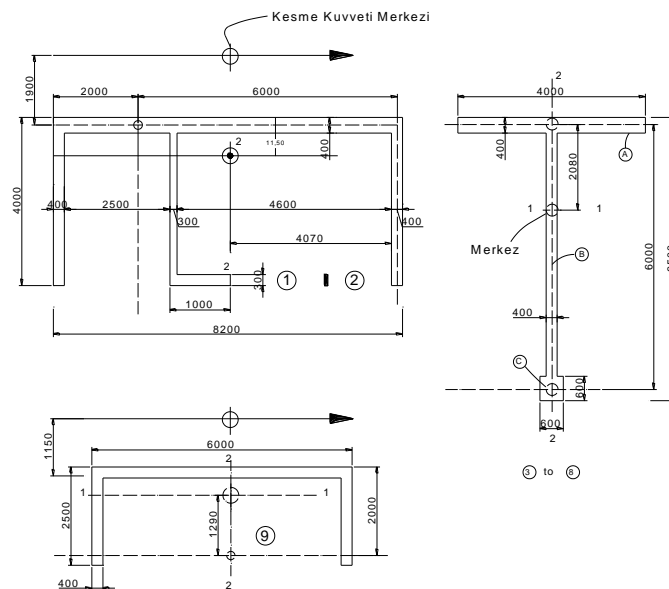
3.2 Konsol Perde Sistemi İçin Tasarım Örneği

(a) Örneğin genel açıklaması Şekil 3.1(a) da 6 katlı 6 m lik ızgara sistem üzerine oturtulmuş ilk kat yüksekliği 4 m toplam kat yüksekliği 20 m olan kaset döşemeli

bir yapı verilmiştir. Deprem kuvvetleri 9 adet perde tarafından karşılanmaktadır. Perdeler arasında yeterli açıklık olduğundan perdeler bağ kirişli perde gibi davranmazlar.



(a) KAT PLANI



(b) Perde Tip Kesitleri

Şekil 3.1 6 Katlı yapı için kat planı ve perde tipleri

Tablo 3.1 Perde Rijitlikleri

i	Eksen	$I_g (m^4)^a$	F^b	$I_w (m^4)^c$
1	1-1	12.4	0.14	5.55
	2-2	63.3	0.87	18.35
6 ^d	1-1	19.7	0.34	7.68
	2-2	2.2	0.06	1.05
9	1-1	2.2	0.05	1.06
	2-2	20.4	0.38	7.75

F^b Denklem 2.9(b) den elde edilmiştir.

I_w^c Denklem 2.9(a) dan elde edilmiştir.

6 numaralı perdenin alanı $A_g = 4.16m^2$ dir.

Bu örneğin amacı T- kesitli en kritik perdenin (5 ve 6 numaralı)durumu incelenip donatı düzeni belirlenecektir.

$$\mu_\Delta = 4$$

Malzeme özellikleri $f_c' = 35 \text{ MPa (5000 Psi)}$

$$f_y = 400 \text{ MPa (58 ksi)}$$

Binanın tabanına gelen kesme kuvveti 13 MN

Binaya gelen devrilme momenti 240 MNm

5 numaralı perdeye gelen yükler $P_D = 8.0 \text{ MN}$

$$P_{Lr} = 1.3 \text{ MN}$$

Şekil 3.1 (b) de perde boyutları verilmiş ve bu boyutlarla ilgili özellikler Tablo 3.1 de farklı perde tipleri için hesaplanmıştır. Şekil 3.1 (b)perde kesitlerinin kütle merkezleri belirlenmiştir. Kütle merkezi ilk katta merkez kolondan binanın geometrik merkezinden 3 m soldadır.

(b) **Tasarım Adımları** Bölüm 3.1 de listelendiği gibidir.

Adım 1 : Konsol Perde sistemlerinin Planda dağılımının Kontrolü

Şekil 3.1 de görüldüğü gibi perdelerin plandaki dağılımı hemen hemen simetriktir.

Adım 2: Düşey Yükler

Bu örnek sadece Şekil 3.1 de görülen 5 ve 6 numaralı perdeleri içermektedir. Bölüm 3.2.(a) da düşey yüklemelerin analizi verilmiştir. Düşey yüklerden perdelerden gelen momentler ihmal edilebilir büyüklüktedir.

Adım 3 : Eşdeğer Deprem Tasarım Kuvvetleri

Bu örneğin amacı sadece tabandaki perdeye gelen kesme kuvveti ve devrilme momentini incelemektir , deprem kuvvetleri değil sonuçlarıyla çalışılacaktır.

Adım 4 :Yapı sisteminin Analizi

Bölüm 2.3.1(a) da ki yaklaşımlar kullanılarak her perdenin rijitlikleri belirlenmiştir.

Tablo 3.2 Y Doğrultusunda Kesme Kuvvetinin dağılımı

i	I_{ix} (m ⁴)	S_{iy}	x_i^a (m)	$x_i S_{iy}$ (m)	x_i^a (m)	$x_i I_{ix}$ (m ⁵)	$x_i^2 I_{ix}$ (m ⁶)	S_{iy}''	S_{iy}
1	5.55	0.145	-22.07	-3.200	-19.83	-110.1	2.183	-0.010	0.135
2	5.55	0.145	-22.07	-3.200	-19.83	-110.1	2.183	-0.010	0.135
3	1.05	0.027	-8.08	-0.218	-5.84	-6.1	36	-0.001	0.026
4	1.05	0.027	8.08	0.218	10.32	10.8	111	0.001	0.028
5	7.68	0.200	24.00	4.800	26.24	201.5	5.287	0.018	0.218
6	7.68	0.200	24.00	4.800	-26.24	201.5	5.287	0.018	0.218
7	1.05	0.027	8.08	0.218	10.32	10.8	111	0.001	0.028
8	1.05	0.027	-8.08	-0.218	-5.84	-6.1	36	-0.001	0.026
9	7.75	0.202	-26.95	-5.444	-24.71	-191.5	4.732	-0.017	0.185
	38.41	1.000		-2.244 ^c		0,7 ^b	19.966	-0.001 ^b	0,999 ^b

^a 1,2 ve 9 numaralı perdelerin yaklaşık kesme kuvveti merkezine olan koordinatları
(Şekil 3.1(b))

^b Yuvarlamadan kaynaklanan hata

^c Rijitlik Merkezi (RM) merkez kolondan $x \approx -2.24$ m dir.(Şekil 3.1(a))

Tablo 3.3 Y Doğrultusunda Kesme Kuvvetinin dağılımı

i	I_{iy} (m ⁴)	S'_{ix}	y_i (m)	$y_i^2 I_{iy}$ (m ⁶)	S''_{ix}	S_{ix}
1	18.35	0.260	-13.90	3545	-0.028	0.232
2	18.35	0.260	13.90	3545	0.028	0.288
3	7.68	0.109	24	4424	0.020	0.129
4	7.68	0.109	24	4424	0.020	0.129
5	1.05	0.015	8.08	69	0.001	0.016
6	1.05	0.015	-8.08	69	-0.001	0.014
7	7.68	0.109	-24	4424	-0.002	0.089
8	7.68	0.109	-24	4424	-0.002	0.089
9	1.06	0.015	0	-	-	0.015
	70.58	1.001 ^a		24 924	0.000	1.001 ^a

^a Yuvarlamadan kaynaklanan hata

Bölüm 2.3.2(a) da anlatıldığı üzere Tablo 3.2 ve Tablo 3.3 te kesme kuvveti dokuz perdeye dağıtılmıştır. Denklem 2.12a ve 2.12 b aşağıdaki gibi sadeleştirilebilir.

$$S_{ix} = S'_{ix} + S''_{ix}$$

$$S_{iy} = S'_{iy} + S''_{iy}$$

ve S'_{ix} S'_{iy} kat dönmelerine göre kesmenin dağılımı ve S''_{ix} S''_{iy} de kat ötelenmelerine göre dağılımıdır. Y doğrultusundaki eksantrisiteyle e_x , denklem 2.12 sadeleşebilir.

$$S''_{iy} = I_{ix} / \Sigma I_{ix} \text{ ve } S''_{iy} = e_x x_i I_{ix} / \Sigma (x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})$$

Tablo 2.2 den statik eksantrisite $e_{sx} = 2.24 - 3.00 = -0.76$ m. Olduğu görülmektedir. Şartname gereğince alınması gereken minimum eksantrisite 10% dir. (Örn: $\alpha B_b \approx 0.1 \times 48.4 = 4.84$ m) 5 ve 6 nolu perdelerle etkiyen toplam tasarım eksantrisitesi $e_d = e_x$

$$e_x = e_{sx} + \alpha B_b = -0,76 + 4,84 = 4,08 \text{ m (13,4 ft)}$$

$$S''_{iy} = 4.08 \times I_{ix} / (19,966 + 24,924) = x_i I_{iy} / 11.002$$

$S_{iy} = S'_{iy} + S''_{iy}$ toplam değeri her bir perde için Tablo 2.2 nin en son kolonunda verilmiştir. X doğrultusundaki eksantirisite $e_y = 4.84 \text{ m}$ dir ve bununla ilgili S''_{ix} değerleri Tablo 2.3 de verilmiştir. Görülmektedir ki y doğrultusundaki en çok zorlanan kesitler T kesitli 5 ve 6 Numaralı perdelerdir. Bu analizde toplam kesme kuvvetinin ve toplam devrilme momentinin 21.8% i ve 1.6% sı y ve x doğrultularında dağılmaktadır.

Adım 5 : Numaralı Perde İçin Tasarım Etkilerinin Bulunması

Bir önceki analizden 5 numaralı perdeye y doğrultusunda gelen kesme kuvveti ve moment değerleri:

$$V_u = V_E = 0.218 \times 13 = 2.834 \text{ MN (635kips)}$$

$$M_u = M_E = 0.218 \times 240 = 52.32 \text{ MN (38 500kip -ft)}$$

Düşey yüklerden kaynaklanan eksenel basınç yüklemeleri

$$P_u = P_D + 1.3 P_{Lr} = 8.0 + 1.3 \times 1.3 = 9.69 \text{ MN (2170 kips)}$$

veya

$$P_u = 0.9P_D = 0.9 \times 8.0 = 7.20 \text{ MN (2170 kips)}$$

$$P_u / f_c' A_g = 7.20 \times 10^6 / (35 \times 4.16 \times 10^6) \approx 0.050$$

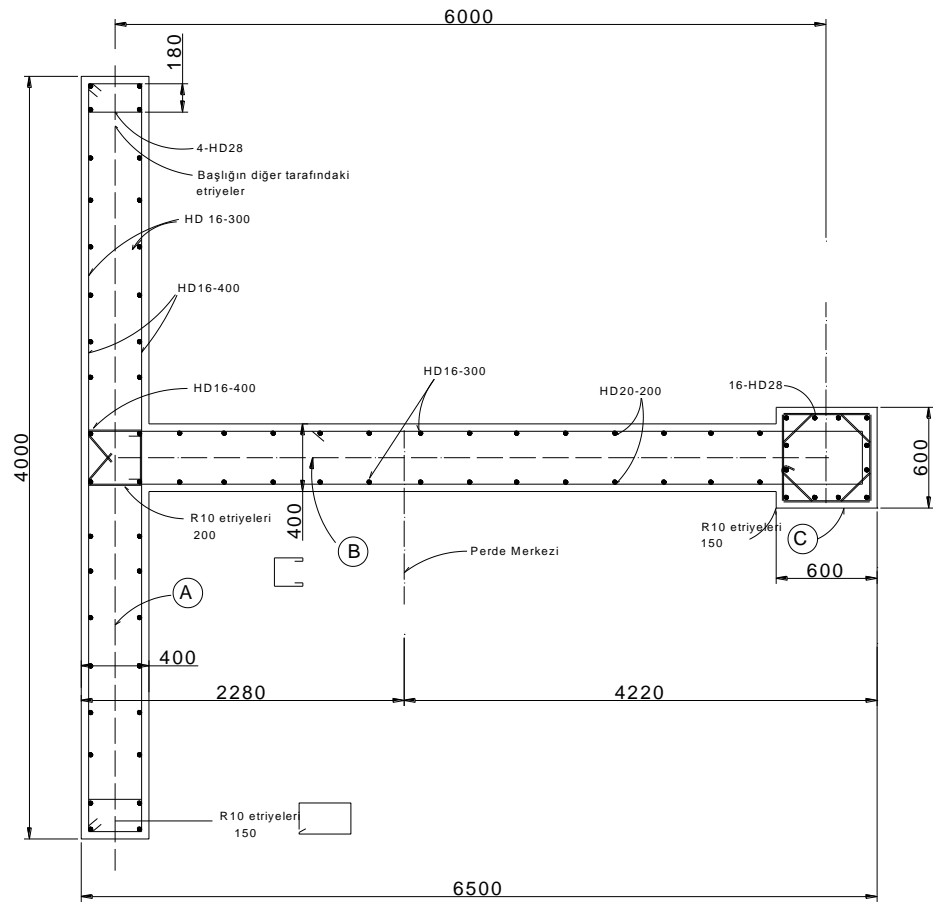
Şekil 3.1(b) ve 3.2 5 numaralı perdenin detaylarını göstermektedir. 5 ve 6 nolu perdelerde momentin yönüne bağlı olarak C bölgesi çekme durumunda ise bu bölgede A bölgesinden daha çok çekme donatısına ihtiyaç vardır. Boyuna donatılarda daha iyi bir düzenleme yapabilmek için 5 numaralı perde ile 6 numaralı perde arasında bölüm 2.3.2 (c) deki önerilere göre yaklaşık 13% lik yeniden dağılım uygulanabilir. 5 numaralı perdede C başlığına gerekli donatı miktarı azalacak , 6 numaralı perdede çekme bölgesi A bölgesi olduğu için donatıların yerleştirilmesinde bir sorunla karşılaşılmayacaktır.

5 Numaralı perdede yeniden dağılım sonucu moment

$$M_E = 0.87 \times 52.32 = 45.52 \text{ MNm (33,500 kip-ft)}$$

6 Numaralı perdede yeniden dağılım sonucu moment

$M_E = 1.13 \times 52.32 = 59.12$ MNm (43,500 kip-ft) bulunur. Depremin tersinir olduğu da göz önüne alınarak 5 numaralı perdede C bölgesi çekmeye , 6 numaralı perdede C bölgesi basınca göre kontrol edilir.



Şekil 3.2 5 Numaralı Perdenin Detayları

5 numaralı perdede dayanım azaltma faktörü $\Phi = 0.9$ olarak alınırsa ;

Kesit tesirleri

$$M_i = 45.52 / 0.9 = 50.6 \text{ MNm (37,200 kip-ft)}$$

$$P_i = 7.2 / 0.9 = 8.0 \text{ MN (1790 kips)}$$

$e = M_i / P_i = 6.32 \text{ m}$ (merkezden) olarak bulunur.

6 numaralı perdede C bölgesinde basınç ortaya çıkan kesit tesirleri ise;

$$M_i = 59.12 / 0.9 = 65.7 \text{ MNm (48300 kip-ft)}$$

$$P_i = 8.0 \text{ MN (1790 kips)}$$

$$e = M_i / P_i = 8.21 \text{ m (merkezden)}$$

Adım 6 : Eğilme Dayanımı İçin Tasarım

(a) Eğilme Donatısı : İncelenmesi gereken 3 durum mevcuttur.

1. Durum 1-1 y doğrultusunun aksı doğrultusunda bir yüklemede A bölgesi basınç bölgesidir. Bu durumda 400 mm kalınlıklı bu perdede ve gövdede iki sıra olarak HD 16 (0.63 in çapında) donatı kullanılsın ve donatı aralıkları 300 mm seçilsin. Şekil 2.51 de gösterilmiştir.

$$a_s = 2 \times 201 / 0.3 = 1340 \text{ mm}^2 / \text{m (0.63 in.}^2 / \text{ft)}$$

donatı oranı $\rho = 1340 / (1000 \times 400) = 0.00335$ bu oran bölüm 2.4.2 (b) de verilen minimum donatı oranı $\rho = 0.7 / f_y$ den fazladır.

Bir ön hesap için basınç merkezinin başlıkta başlığın kenarından 100 mm olması istenirse ve başlıktaki donatılar ihmal edilirse perdenin B kesitindeki çekme kuvveti

$$T_b = (6.5 - 0.4 - 0.6) 1340 \times 400 \times 10^{-3} = 5.5 \times 536 = 2948 \text{ kN (660 kips)}$$

Kuvvet bileşenlerinin moment dağılımları Şekil 3.1 veya Şekil 3.2deki basınç merkezinden

$$T_b : (0.5 \times 5.5 + 0.3) 2948 = 8991 \text{ kNm (6600 kip-ft)}$$

$$P_1 : -(6.32 - 2.28 + 0.1) 8000 = -33120 \text{ kNm (24300 kip-ft)}$$

Tarafsız eksene göre moment dengesinden C elemanındaki Çekme kuvveti

$$= -24129 \text{ kNm (17700 kip-ft)}$$

bulunur.

$$T_c \approx 24129 / (6.5 - 0.3 - 0.1) = 3956 \text{ kN (886 kips)}$$

C elemanında kullanılması gereken yaklaşık donatı miktarı

$$A_{s,gerekli} \geq 3956 \times 10^3 / 400 \approx 9890 \text{ mm}^2 (15.3 \text{ in.}^2)$$

Eleman C de 16 HD 28 (1.1 in. ap) donatı kullanılırsa

$$T_c = 9852 \times 400 \times 10^{-3} = 3941 \text{ kN (883 kips)}$$

Dış kuvvetlerle iç kuvvetlerin dengesinden başlıktaki tüm donatıları ihmal ederek basınç merkezini kontrol edilsin.

$$C_a = T_b + T_c + P_i = 2498 + 3941 + 8000 = 14889 \text{ kN (3335 kips)}$$

$$a = C_a / (0.85 f'_c b) = 14889 \times 10^3 / (0.85 \times 35 \times 4000) = 125 \text{ mm (4.9 in.)}$$

Basınç merkezi başlık kenarından yaklaşık olarak $125 / 2 = 63 < 100$ mm kadar uzaktadır.

$$P_i = 8000 \text{ kN (1790 kips)basınçtan dolayı}$$

$$M_i = x_a C_a = 14889 (2.28 - 0.5 \times 0.125) = 33016 \text{ kNm (24270 kip-ft)}$$

$$x_b T_b = 2,948 (4.22 - 2.75 - 0.6) = 2565 \text{ kNm (1880 kip-ft)}$$

$$x_c T_c = 3,941 (4.22 - 0.3) = 15449 \text{ kNm (11360 kip-ft)}$$

$$M_{i,gerekli} = 50,600 < M_{i,sağlanan} = 51030 \text{ kNm (37510kip-ft)}$$

Yeni Zelenda şartnamesine göre HR ve HD elikleri için $\lambda_o = 1.4$ verilmiştir.Bu durumda $M_{o,w} = \lambda_o M_i$ dir. Denklem 2.13 le eğilme aşırı dayanım faktörü aşağıdaki gibi bulunur.

$$\Phi_{o,w} = \frac{M_{o,w}}{M_E} = \frac{1.4 \times 51.030}{52.320} = 1.365$$

2.Durum Basınç bölgesindeki C elemanıdır.Eşdeğer kuvvetler pozitif Y doğrultusundadır.Tarafsız eksen derinliği burada $c = 880$ mm olarak alınırsa basınç bloğunun derinliği $a = 0,81 \times 880 = 713$ mm olur. elemanındaki 16 HD28 donatıların şekil değiştirme profilinden $f_s = 298$ MPa ve $\epsilon_c = 0.003$ olarak alınır.İç kuvvetler aşağıdaki gibi oluşur.

$$\text{Eleman C de , } C_c = 0.85 \times 35 \times 600^2 \times 10^{-3} = 10710 \text{ kN (2400 kips)}$$

$$C_s = 9.852 \times 298 \times 10^{-3} = 2936 \text{ kN (658 kips)}$$

$$\text{Eleman B de , } C_s \text{ (ihmal edilir) } = -$$

$$\text{Eleman B de , } C_c = 0.85 \times 35 \times (713 - 600) 400 \times 10^{-3} = 1345 \text{ kN (301 kips)}$$

$$\text{Toplam i basınç kuvveti} = 14991 \text{ kN (3359 kips)}$$

$$\text{Dış basınç} = -8000 \text{ kN (1790 kips)}$$

$$\begin{aligned}
\text{Gerekli iç çekme kuvveti} &= 6991 \text{ kN (1569 kips)} \\
\text{Eleman B de , } T_b &\approx (5.5 - 0.5) 536 = 2680 \text{ kN (600 kips)} \\
\text{Eleman A da ki gerekli çekme kuvveti} &T_a = 4311 \text{ kN (969 kips)} \\
\text{Başlıkta gerekli olan donatı miktarı :} & \\
A_{sa} = 4,311 \times 10^3 / 400 &= 10778 \text{ mm}^2 (16.7 \text{ in.}^2) \\
22 \text{ HD 16 (0.63 inç çaplı) kullanılırsa} &= 4422 \text{ mm}^2 (6.9 \text{ in.}^2) \\
\text{ve 10 HD 28 (1.1 inç çaplı) kullanılırsa} &= 6158 \text{ mm}^2 (9.5 \text{ in.}^2) \\
A_{sa} &= 10580 \text{ mm}^2 (16.4 \text{ in.}^2) \\
(T_a = 4232 \text{ kN}) &(945 \text{ kips})
\end{aligned}$$

Perdenin merkezindeki koordinatları kullanarak iç kuvvetler ve $P_i = 8000 \text{ kN (1790 kips)}$ kuvvetiyle moment dayanımını kontrol edelim . moment bileşenleri :

$$\begin{aligned}
\text{Eleman C : } x_c (C_c + C_s) &= (4.22 - 0.3) (10.710 + 2936) = 53492 \text{ kNm} \\
\text{Eleman B : } x_b C_c &= (4.22 - 0.6 - 0.5 \times 0.113) 1345 = 4973 \text{ kNm} \\
x_b T_b &= (0.5 \times 5 - 2.28 + 0.4) 2680 = 1662 \text{ kNm} \\
\text{Eleman A: } x_a T_a &= (2.28 - 0.2) 4232 = 8803 \text{ kNm} \\
M_{i, \text{gerekli}} &= 65700 < M_{i, \text{sağlanan}} \approx 68750 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Bu yeterlidir ! Tarafsız eksen derinliği için yeni bir değer denemeye gerek yoktur.

5 ve 6 numaralı perdelerin dayanım toplamı

$$\begin{aligned}
M_5 + M_6 &= 51.03 + 68.75 \approx 119.8 \text{ MNm (88,000 kip-ft)} > 2 \times 52.32 / 0.9 \\
&= 116.3 \text{ MNm (85500 kip-ft) olur.}
\end{aligned}$$

Durum (ii) de 5 numaralı perde için $\Phi_{o,w} = 1.4 \times 68.75 / 52.32 = 1.84$. İki perdenin birleştirilmiş dayanımı , $\Phi_{o,w} = 1.4 \times 119.8 / (2 \times 52.32) = 1.60$ tır. Bu değer Denklem 1.12 ile verilen $\lambda_o / \Phi = 1.4 / 0.9 = 1.56$ değerine çok yakındır.

3.Durum x doğrultusunda ki deprem hareketini içermektedir. Şekil 3.1(b) de 2-2 ekseninde 5 numaralı perdeye gelen eğilme . Moment ve kesme kuvvetleri Tablo 3.3 ve Bölüm 2.2.2 (a) dan yararlanılarak hesaplanabilir.

$$M_E = 0.016 \times 240 = 3840 \text{ kNm (2822 kip-ft)}$$

$$V_E = 0.016 \times 13 = 208 \text{ kN (47 kips)}$$

$$7200 \text{ kN} < P_u < 9690 \text{ kN} .$$

Başlığın uç bölgesinde 4 HD28(1.1 inç)donatı kullanılırsa (Eleman A)

$M_i \approx 4 \times 616 \times 400 \times 10^{-3} (4.00 - 2 \times 0.13) \approx 3686 \text{ kNm} (2710 \text{ kip-ft})$ bulunur.

Eksenel yük $P_u = 0,9 P_D = 7200 \text{ kN}$ ve $P_i = 8000 \text{ kN} (1790 \text{ kips})$ alınır.

$C = 1400 \text{ mm}$ ve bundan dolayı basınç bloğu derinliği $a = 0.81c = 1134 \text{ mm}$ kabul edilirse, kesitte şekil değiştirme dağılımı $\epsilon_c = 0.003$ ve çeliğin 2-2 eksenindeki gerilmesi

$$(2000 - 1400) / 1400 \times 0.003 \times 200\,000 = 257 \text{ MPa}$$

$$\text{Eleman C : } T_c = 9852 \times 257 \times 10^{-3} = 2532 \text{ kN}$$

$$\text{Eleman B : } T_b = 5.5 \times 1340 \times 257 \times 10^{-3} = 1895 \text{ kN}$$

$$\text{Eleman A : } (4\text{HD } 28) T_a = 2464 \times 400 \times 10^{-3} = 986 \text{ kN}$$

$$(12\text{HD } 16) T''_a = 2412 \times 400 \times 10^{-3} = 965 \text{ kN}$$

$$(2\text{HD } 28) T''_a = 1232 \times 257 \times 10^{-3} = 317 \text{ kN}$$

$$\text{Dış Basınç Kuvveti } P_i = \underline{8000 \text{ kN}}$$

$$\text{Sağlanan iç basınç kuvveti} = 14695 \text{ kN}$$

$$\text{Eleman A : } C_c = 0.85 \times 35 \times 1134 \times 400 \times 10^{-3} = 13495 \text{ kN}$$

$$C_s = T'_a = 986 \text{ kN}$$

$$\text{HD 16 donatıları yaklaşık} \approx \underline{300 \text{ kN}}$$

$$14695 \approx 14781 \text{ kN}$$

Bu iyi bir yaklaşımdır.Bunlara bağlı 2-2 eksenindeki moment:

$$T_c, T_b \text{ ve } T''_a = 0 \text{ kNm}$$

$$T'_a : 986 (2.0 - 0.13) = 1843 \text{ kNm}$$

$$T''_a : 965 \times 1.0 = 965 \text{ kNm}$$

$$C_c : 13495 (2.0 - 0.5 \times 1.134) = 19338 \text{ kNm}$$

$$C_s : 986 (2.0 - 0.13) = 1843 \text{ kNm}$$

$$\text{HD 16 donatıları : } 300 \times 1.5 = \underline{450 \text{ kNm}}$$

$$M_{i, \text{gerekli}} = 3840 / 0.9 = 4267 \text{ (3136)}$$

$$M_i = \underline{24439 \text{ kNm}}$$

$\Phi_{o, w} = 1.4 \times 24.439 / 3840 = 8.91$ bu değer eğilme dayanımı için oldukça güvenlikte büyük bir rakamdır.

(b) ŞartnameSınırları

(1) C elemanındaki donatı oranı $\rho_1 = 9852 / 600^2 = 0.0274 < 16 / f_y = 0.04$ ve 400 mm genişlikteki perdede $\rho_1 = 0.00335$ tir bu bölüm 2.4.2(b) de ki değerleri sağlamaktadır.

(2) Şekil 2.36 ya göre minimum başlık elemanın genişliği

$$A_r = h_w / l_w = 20 / 6.5 = 3.1, \mu_\Delta = 4 \text{ ile Şekil 2.35 den}$$

$$b_c / l_w = 0.047$$

$$b_c = 0.047 \times 6500 = 301 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

$$l_w = 6500 > 1.6 \times h_l = 1.6 \times 4000 = 6400 \text{ mm}$$

Bütün kriterler sağlanmaktadır.

(c) **Eğilme Aşırı Dayanımı :** (a) da yapılan analizde aşırı dayanım faktörünün en büyük değerinin y doğrultusunda kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

$$\Phi_{o, w} = 1.84$$

(d) **Süneklik Kapasitesi:** Kullanılan en büyük tarafsız eksen derinliği $c = 880 \text{ mm}$ dir. Tarafsız eksen derinliğinin kritik değeri Denklem 2.18 b den bulunur.

$$c_c = \frac{M_{o, w}}{\lambda_o M_E / \Phi} \frac{5}{\mu_\Delta} \frac{l_w}{10} = \frac{M_{o, w}}{2.2 \lambda_o \mu_\Delta M_E} l_w \quad (2.18 .b) ' \text{ den}$$

$$c_c = \frac{1.4 \times 68.75}{2.2 \times 1.4 \times 4 \times 52.32} \times 6500 = 970 \text{ mm (38.2 in.)} > 880 \text{ mm}$$

Büyük basınç kuvveti $P_u = 9.69 \text{ MN}$ kullanılır ise tarafsız eksen derinliği artar.

$$\text{Basınç kuvvetleri : } T_a = \text{önceden bulunan} = 4232 \text{ kN}$$

$$T_b = \text{tahminen} = 2300 \text{ kN}$$

$$P_i = 9.69 \times 10^3 / 0.9 = \underline{10767 \text{ kN}}$$

$$\text{Gerekli toplam iç basınç kuvveti} = \underline{17299 \text{ kN}}$$

$$C_c = \text{Eleman C de daha önceden bulunan değer} = 10710 \text{ kN}$$

$$C_s = f_s = 380 \text{ MPa olarak alınır} \quad = \underline{3744 \text{ kN}}$$

$$C_c = \text{Eleman B de karşılanması gereken basınç kuvveti} \quad = \underline{2845 \text{ kN}}$$

$$a' = 2845 \times 10^3 / (0.85 \times 35 \times 400) = 239 \text{ mm}$$

$$\text{Toplam derinlik} \quad a = 600 + 239 = 839 \text{ mm}$$

$$c = 839 / 0.81 = 1036 \text{ mm} > 970 \text{ mm (38.2 in.)} = c_c$$

Burada betonun kuşatılması gerekebilir. Denklem 2.18c den

$$c_c = \frac{k_c M_{o,w}}{(\mu_\Delta - 0.7) (17 + 10 A_r) \lambda_o f_y M_E} l_w \quad (2.18c) \text{ den}$$

$$c_c = \frac{3400 \times 1.4 \times 68.75}{(4 - 0.7) (17 + 20 / 6.5) 1.4 \times 400 \times 52.32} \times 6500$$

$$= 1096 > 1036 \text{ mm (46.8 in.)}$$

Burada da görüldüğü üzere betonun kuşatılmasına gerek yoktur.

Adım 7 : Kesme Dayanımı

Denklem 2.23a ve 2.23 b den altı katlı yapının dinamik kayma faktörü

$$\omega = 0.9 + 6 / 10 = 1.3 + 6 / 30 = 1.5$$

Perdedeki kritik kesme kuvveti çekme atındaki C elemanında $V_E = 2.834 \text{ MN}$

$$V_u = V_{\text{perde}} = \omega \Phi_{o,w} V_E$$

$$V_u = V_{\text{perde}} = 1.5 \times 1.84 \times 2834 = 7822 \text{ kN (1752 kips)}$$

Denklem 2.24a dan

$$V_u = V_{\text{perde}} \leq \mu_\Delta V_E / \Phi = 4 \times 2834 / 1 = 11336 \text{ kN (8332 kips)}$$

Kapasite tasarımı prosedürüyle ilgili $\Phi = 1.0$ bulunur ve Denklem 2.26 dan

$$v_i = 7822 \times 10^3 / (0.8 \times 6500 \times 400) = 3.76 \text{ Mpa (545 psi)}$$

Denklem 2.28 e göre kabul edilebilir kesme dayanımı ,

$$v_{i,\text{maks}} \leq (0.22 \Phi_{o,w} / \mu_\Delta + 0.003) f'_c \quad (\text{Denklem 2.28})$$

$$v_{i,\text{maks}} \leq \left(\frac{0.22 \times 1.84}{4} + 0.03 \right) 35 = 4.59 \text{ MPa} > 3.76 \text{ MPa}$$

perdelerdeki plastik mafsallarda bölgelemlerdeki kiriş , kolon ve perdelerde

$$v_i \leq 0.16 f_c' \leq 6 \text{ MPa}$$

$$V_{i,\text{maks}} = 0.16 \times 35 = 5.6 \text{ MPa} > 3.76 \text{ MPa}$$

$$\text{Perdede Minimum eksenel basınç yüklemesi } P_u = 7.2 \text{ MN}$$

$$v_c = 0.6 \sqrt{P_u / A_g} \text{ (MPa) denklemlinden}$$

$$v_c = 0.6 \sqrt{7.2 / 4.16} = 0.79 \text{ MPa}$$

A_g = Brüt beton kesit alanı

$$A_v \geq \frac{(v_i - v_c) b_w s}{f_y} \text{ denklemleri yeniden düzenlenirse}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{(3.76 - 0.79)400}{400} = 297 \text{ mm}^2 / \text{mm} (0.117 \text{ in.}^2 / \text{in.})$$

HD 20 (0.79 inç) çapında yatay donatılar kullanılırsa donatı aralığı

$$s = 2 \times 314 / 2.97 = 211 \approx 200 \text{ mm} (7.9 \text{ in.}) \text{ olur.}$$

Yapının ikinci kat seviyesinde perdenin uçlarındaki donatıda ve perde kalınlığında azaltım yapılabilir. Kesme dayanımını x doğrultusundaki depreme karşı kontrol edilmelidir. Denklem 2.23 den $V_u = \omega_v \Phi_{o,w} V_E$

$$V_u = V_{\text{perde}} = 1.5 \times 8.91 \times 208 = 2780 \text{ kN} (623 \text{ kips})$$

$$v_i = 2780 \times 10^3 / (0.8 \times 400 \times 4000) = 2.17 \text{ MPa} (315 \text{ psi})$$

Çünkü 5 ve 6 numaralı perdeler Tablo 2.3 ten X doğrultusunda yanal kuvvetin sadece 3% sini almaktadır. 5 numaralı perdenin tabanında $M_{o,w} = 24.44 \text{ MNm}$ lik bir moment 2-2 eksenine göre $e \approx 24.44 / 8 = 3.06 \text{ m}$ lik bir eksantrisiteye sahiptir. A elemanında HD 16 lık donatılar 400 mm aralıkla konulacaktır.

$$v_i - v_c = \frac{A_v f_y}{b_w s} = \frac{400 \times 400}{400 \times 400} = 1.0 \text{ MPa}$$

$$V_i = (1 + 0.79) (0.8 \times 400 \times 4000) 10^{-3} = 2291 \text{ kN} (513 \text{ kips}) = 0.82 V_u$$

$$V_i = V_{\text{perde}} / \Phi = 0.016 \times 4 \times 1300 / 0.85 = 980 (220 \text{ kips})$$

$$< 2291 \text{ kN}$$

3.3 T kesitli perdenin Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında 1998 Yönetmeliğine göre çözülmesi

3.2 de çözümü gösterilen T kesitli perde 3.3 de Türkiye 1998 Deprem yönetmeliğine göre çözülecektir.(Bakınız EK 1) Yatay yük taşımadaki katkıları ve döşemelerin çok esnek olmasından dolayı bağ kirişi oluşumu ihmal edilecektir.Örnekte verilen

$\mu_{\Delta} = 4$ Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında Yönetmeliğe göre R ye denk olduğundan R = 4 ten süneklik düzeyi normal perde olarak göz önüne alınacaktır dolayısı ile kritik perde yüksekliği dikkate alınmayacaktır.

$$\mu_{\Delta} = 4$$

Malzeme özellikleri $f_c' = 35 \text{ MPa (5000 Psi)}$

$$f_y = 420 \text{ MPa (58 ksi)}$$

Binanın tabanına gelen kesme kuvveti 13 MN

Binaya gelen devrilme momenti 240 MNm

5 numaralı perdeye gelen yükler $P_D = 8.0 \text{ MN}$

$$P_{Lr} = 1.3 \text{ MN}$$

olarak aynı kesit özellikleri kullanılacaktır.

En kesit koşulları :

1.Perde uzun kenarı / perde kalınlığı ≥ 7 olmalıdır.

$$6500 / 400 = 16.25 \geq 7 \text{ dir.}$$

2. Deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca sadece perdeler tarafından taşındığı binalarda

$$a) \sum A_g / \sum A_p \geq 0.0002$$

$$b) V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd}$$

$\sum A_g =$ herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanı

$\sum A_p =$ Binanın tüm kat plan alanlarının toplam alanı

$$A_p = 48 \times 48 = 2304 \text{ m}^2$$

$$A_g = (2 \times 6 \times 0.4) + (6 \times 0.4 \times 4) + (1 \times 6 \times 0.4) + (4 \times 4 \times 0.4) = 23.2 \text{ m}^2$$

$$a) \sum A_g / \sum A_p = 23.2 / (2304 \times 6) = 0.0016 \geq 0.0002 \quad \text{şartını sağlamaz.}$$

$$b) 13,000 / 23.2 = 0.56 \leq 0.5 f_{ctd}$$

$$f_{ctk} = 0.35 \sqrt{f_{ck}} = 0.35 \sqrt{35} = 2.07$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_{mc} = 2.07 / 1.5 = 1.38$$

$$13,000 / 23.2 = 0.56 \leq 0.5 f_{ctd}$$

$$0.56 \leq 0.69 \text{ şartı sağlar.}$$

İki şart birden sağlanmadığından perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1 / 15 inden ve 200 mm den az olmamalıdır. $4000 / 15 = 266$ mm perde kalınlığı = 400 mm ≥ 266 mm dir .Şart sağlanmaktadır

Perde uç bölgeleri :

$H_w / \ell_w > 2.0$ olduğu takdirde perde uç bölgeleri oluşturulacaktır.

$$1- 1 \text{ ekseninde } 20 / 6.5 = 3.07 \geq 2 \text{ dir.}$$

$$2 - 2 \text{ ekseninde } 20 / 4.0 = 5.00 \geq 2 \text{ dir.}$$

Uç bölgesi oluşturulması gerekmektedir.

Burada Tablo 3.1 , 3.2 ve 3.3 aynen kullanılacak perdelerin rijitliklerine göre moment ve kesme kuvveti dağıtılacaktır.

Süneklik düzeyi normal perde olarak alındığından kritik perde yüksekliği kullanılmayacaktır bu takdirde EK 1 deki şekilden görüleceği üzere

$\ell_u \geq b_w$ ve $\ell_u \geq 0.1 l_w$ olması gerekmektedir.

b_w = perde kalınlığı

ℓ_u = perde uç bölgesi uzunluğu

ℓ_w = perde uzunluğu

4.0 m lik perde tablasında uç bölgeleri 40 cm olarak alınacaktır.

Enine donatı aralığı 250 mm den fazla olmayacaktır.

5 numaralı perdede kat rijitliği 0.218 oranı doğrultusunda

$$V_u = V_E = 0,218 \times 13 = 2.834 \text{ MN}$$

$$M_u = M_E = 0,218 \times 240 = 52,32 \text{ MN olarak alınacaktır.}$$

$$0.9 N_G \text{ yüklemesi dikkate alınacaktır } 0.9 N_G = 8.00 \times 0.9 = 7.20 \text{ MN}$$

Donatılar seçilirken momentin iki farklı yönde momentin etki edeceği göz önüne alınarak hesap yapılacaktır. BS 40 , BÇ III a $f_{cd} = 40/1.5$

A bölgesinin basınç C bölgesinin çekme olduğu durum :

Tarafsız eksen tablanın bittiği yerde kabul edilirse;

$$e = M / N = 52320/7200 = 7.26 \text{ m}$$

B bölgesinde $5.50 - 0.40 = 5.10 \text{ m}$ lik gövdede donatının aktığı kabul edilirse ;

$$T_b = 5.10 \times 1608 \times 400 = 3280 \text{ kN}$$

$$M = 7200 \times (7.26 - 2.28 + 0.20) = 37,296 \text{ kNm}$$

$$T_c = 37296 - 3280(5.10 \times 0.5 + 0.40 + 0.20) = 26,964 \text{ kNm}$$

$$\text{Moment kolu} = 6.50 - 0.3 - 0.20 = 6.00 \text{ m}$$

$$A_c = 26964 / 6 \times 365 = 123 \text{ cm}^2$$

600x600 mm lik C bölgesinde 24 $\Phi 26$ kullanılır.

B bölgesinde $\Phi 16/250$ donatı kullanılır.

C bölgesinin basınç A bölgesinin çekme olduğu durumda :

$$C_c = 600 \times 600 \times 0.85 \times 10^{-3} \times 40/1.5 = 8160 \text{ kN}$$

$$C_s = 24 \times 5300 \times 300 \times 10^{-3} = 3816 \text{ kN}$$

$$C_c = 0.85 \times 40/1.5 \times 10^{-3} \times 200 \times 400 = 1813 \text{ kN}$$

$$\text{Gerekli iç basınç kuvveti} = 13,789 - 7200 = 6589 \text{ kN}$$

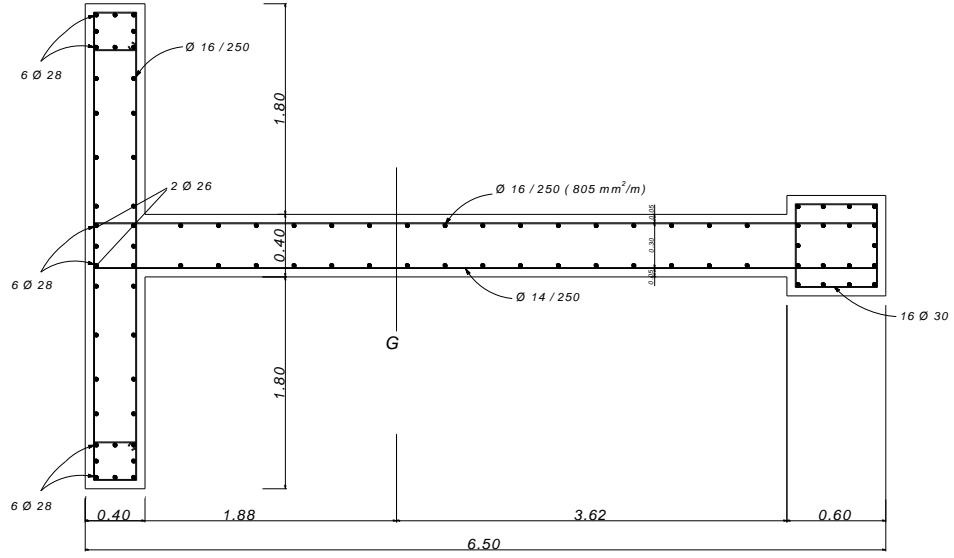
$$T_b = 4.5 \times 1608 \times 365 \times 10^{-3} = 2641.1 \text{ kN}$$

$$6589 - 2641.1 = 3948 \text{ kN}$$

$$3948 / 36.5 = 108 \text{ cm}^2$$

$$\text{A bölgesinde gövdede } 24 \Phi 16 \text{ var} = 48 \text{ cm}^2$$

$$108 - 48 = 60 \text{ cm}^2 \text{ Uç bölgelerde } 16 \Phi 26 \text{ var}$$



Şekil 3.3 5 Numaralı perdenin Deprem yönetmeliğine göre donatı düzeni

4. DÜKTİL BOŞLUKLU PERDELERİN KAPASİTE HESABI

4.1 Özet

Bölüm 3.1 e benzer şekilde, perde çiftlerinin (boşluklu perde) kapasite hesabı aşağıda adım adım özetlenmiştir.

ADIM 1: Geometrik Bakış Statik analiz işlemleri başlamadan önce, uygun enerji dağılımının elde edilmesi için zorlanan kısımların kritik alanlarda oluşacağını sağlamak amacıyla yapının geometrisi yeniden gözden geçirilmelidir. (Bölüm 2.4.3 (c) ve 2.4.3). Konsol perde sistemleri için (Bölüm 3.1 de) açıklanan bütün yollar uygulanabilir.

ADIM 2: Düşey Yükler ve Eşdeğer Kütleler Bu büyüklük konsol sistemler için Bölüm 3.1 adım 2 de açıklandığı gibi hesaplanır.

ADIM 3: Deprem Hesap Kuvvetleri Yatay deprem hesap kuvvetlerinin tahmininde, Bölüm 3.2 Adım 3 de konsol perdeler için açıklanan prensipler izlenebilir. Bağ kirişlerinin katkısı (2.5 ve 2.6 benzer) henüz bilinemediğinden sistemin süneklik kapasitesi sadece tahmin edilebilir. Adım 5 de ayarlamalar kolayca yapılabilir. Bu noktada en iyisi tahmin etmektir. Örneğin $\mu_{\Delta} = 5$.

ADIM 4: Taşıyıcı Sistemin Analizi Eşdeğer deprem kuvvetleri ve düşey yükler etkisinde taşıyıcı sistemde oluşan momentler , kesme kuvvetleri ve benzeri iç tesirlerin bulunabilmesi için hazır programlar uygulanabilir. Çerçevelerde kullanılan modelleme varsayımları dikkate alınmalıdır. Genellikle Şekil 2.14 deki modellemenin kullanıldığı bir çerçeve analizi kullanılacaktır. Eğer boşluklu perdeler

bir konsol perde sisteminin parçaları ise, Bölüm 3.2 Adım 4 de özetlenen işlem izlenebilir.

ADIM 5: Ayrılmış Süneklik Faktörü ve Hesap Kuvvetlerinin Sağlanması

Boşluklu perde sisteminin temelinde momentler ve normal kuvvetler sağlanarak , Bölüm 2.2.3 (b) de söz edilen moment parametresi $A=Tl / M_{ot}$ (denklem. (2.6) belirlenebilir. Denklem (2.5) kullanılmasıyla, azaltma faktörü R hesaplanır ve eşdeğer deprem kuvvetleri ve hesaplanan elastik kesit tesirleri orantılı olarak azaltılır, seçilen ötelenme süneklik faktörü kontrol edilir. Eğer bu değer daha önce varsayılan değerden (ör. $\mu_{\Delta}= 5$) farklı ise, elastik analizin sonuçları orantılı olarak düzeltilmelidir.

ADIM 6: Temellerde Kontrol Tasarımda daha sonra gereksiz değişikliklerden kaçınmak için, bu noktada boşluklu perdeler için temel yapısının devrilme momentinin M_{ot} (Denklem 2.3) en az 1.5 katının zemin tarafından taşınabildiği kontrol edilmelidir. Dikkatli boyutlandırılmış ve herhangi bir güç fazlalığının oluşmasına izin verilmemiş bir üstyapıda elastik olmayan büyük yer değiştirmeler (bak. Bölüm 1.3.3(f)) sırasında şartnamede öngörülen kuvvetlerinin sonucu olan devrilme momentinin en az λ_o / Φ katı taşınabilir. Temel sistemi üstyapının ($\Phi_{o,w} M_{ot}$) ;aşırı güç fazlalığında potansiyel bir güce sahip olmak zorundadır. Yoksa boşluklu perdelerde tasarlanan enerji dağılımı hiç bir zaman oluşmayabilir.

ADIM 7: Bağ Kirişinin Boyutlandırılması Hesaplanan eğilme ve kesme değerleri yardımıyla her kat için bağ kirişleri boyutlandırılabilir. Normalde kafes halinde diyagonal çubuklar kullanılmalıdır ve bunların hesabında bir güç azaltma faktörü $\Phi=0.9$ kullanılır. Kafeslenmiş gruplarının ankrajına özel bir dikkat gösterilmeli ve tekil diyagonal çubukların elastik olmayan burkulmalarını önlemek için enine donatı veya dikdörtgen spiral donatı kullanılmalıdır .Bunu başarmak için bazı veya tüm bağ kirişler (Şekil. 2.23 (c)) arasında yatay olarak kayma dağılımı Bölüm 2.3.2 (c) uyarınca kullanılabilir. Gerekli ise, bağ kirişi için Şekil. 2.46 da gösterilen ek dölşeme donatısı tahmin edilmelidir. (Denklem. 2.31)Donatılar arzu edilen dayanımı

tam sağlayacak şekilde bulunmalıdır. Bağı kirişinin aşırı dayanımı perdelerin ve temellerin boyutlandırılmasında zorluklar yaratabilir.

ADIM 8: Bağ Kirişlerin Aşırı Dayanımını Bulunması Boşluklu perdelerde kayma dayanımının aşılmayacağı ve temelde istenen maksimum gerilmelerin doğru olarak tahmin edildiğinden emin olmak için potansiyel plastik bölgelerin aşırı dayanımı tahmin edilmek zorundadır. Bunun için her bir bağ kirişinin dayanımı Q_{io} göz önüne alınan döşeme donatısı ve akmış diyagonal donatıdan ($\lambda_o f_y$) elde edilir.

ADIM 9: Perde tabanındaki Hesap Normal Kuvveti ve Momentin Hesabı Boşluklu perdelerde temel – perde birleşim kesitinde Şekil 2.22) gerekli düşey donatının hesaplanması için, aşağıdaki yük durumları düşünülmelidir.

$P_u = 0.9 P_D + P_E$ (eksenel çekme veya minimum basınç) ve M_{u1} (Denklem (1.6b)) EK 2 te yük kombinasyonları verilmiştir.

$P_u = P_E + P_D + 1.3 P_{LR}$ veya $P_u = P_E + 0.9 P_D$ eksenel basınç ve M_{u2} (Denklem (1.6a)), Burada

P_u = Deprem etkileri de göz önüne alınarak bulunan perde hesap normal kuvveti

P_E = sadece Şekil 2.20 ve 2.22 de T olarak gösterilen yatay eşdeğer deprem Kuvvetlerinin perdede oluşturduğu eksenel çekme veya basınç kuvveti

P_D = ölü yükten oluşan eksenel basınç

P_{LR} = azaltılmış hareketli yükten rL (Denklem (1.3)) oluşan eksenel basınç

M_{u1} = Depremde eksenel çekme kuvvetlerinin olduğu perdedeki hesap taban momenti

M_{u2} = Depremde eksenel basınç kuvvetlerinin olduğu perdede hesap taban momenti

Eğer çekme donatısı büyük seçilirse çekme ve basınç perdesinde göz önüne alınacak hesap eğilme momentleri yeniden dağılıma tabi tutulabilir.

$$(a) M'_{u1} = M_{u1} - \Delta M \geq 0,7 M_{u1}$$

$$(b) M'_{u2} = M_{u2} + \Delta M \leq M_{u2} + 0,3 M_{u1}$$

Burada M'_{u1} ve M'_{u2} sırasıyla Şekil 2.23 (a) ve (b) de gösterildiği gibi moment ve yanal kuvvet dağılımı sağlandıktan sonra oluşan, çekme ve basınç perdeleri için yeni tasarım momentleridir.

ADIM 10: Perde Temelinin Teşkili Perde temelinde hesap kesit tesirleri yardımıyla perdenin eğilme donatıları hesaplanır. Minimum donatılar tespit edilir. Yatay donatı hesabı için $\Phi=0.9$ dayanım azaltma faktörü kullanılır, her bir perde temelindeki donatı ve boyutlar belirlenebilir. Bölüm 2.4.2 (a) ve (b) de önerilen işlem uygulanan yanal kuvvetlerin her iki yönü için ve her bir perde düşünüldüğünde kullanılabilir.

ADIM 11: Perdelerde Bağ Kirişi Aşırı Dayanımının Neden olduğu Normal Kuvvet Artışı Bağ kirişinin aşırı dayanımı nedeniyle her perdede oluşan maksimum normal kuvvet göz önüne alınan perde kesitinin üstündeki tüm bağ kirişi tarafından aktarılan kesme kuvveti $V_{O,E}$ nin toplamı ilave edilerek bulunur. Çok katlı yapılar için bunun gereksiz bir tahmin olduğu düşünülür ve bundan dolayı aşırı dayanımdaki perde normal kuvvetinin

$$P_{E0} = \left(1 - \frac{n}{80}\right) \sum_{i=1}^n Q_{io} \quad (4.1)$$

ile tahmin edilmesi tavsiye olunur. Burada $n = i$ seviyesi üstündeki kiriş sayısı olup bu değer 20 den büyük alınamaz.

ADIM 12: Tüm Yapının Aşırı Dayanımı Boşluklu perdelerin plastik mafsallarının tümünde gelişebilecek muhtemel maksimum devrilme momentinin tahmini için, depremle tutarlı ve geçekçi olan düşey kuvvetlerin göz önüne alınması gerekir. Bundan dolayı, sadece bu amaç için, aşırı dayanımda perdeler tarafından taşınan normal kuvvet hareketli yüklerin aşağıdaki gibi ihmal edilmesi ile tahmin edilir.

$$\text{Minimum basınçta çekme için: } P_{10} = P_{E0} - P_D \quad (4.2a)$$

$$\text{Basınç için: } P_{20} = P_{E0} + P_D \quad (4.2b)$$

Detayda temelde her perde için eğilme aşırı dayanımını tahmin etmek mümkündür. λ ile tanımlanan malzeme dayanımları Φ dayanım indirgeme faktörü bulunur. Çekme

ve basınç perdelerinde elde edilen momentler sırasıyla M_{1o} ve M_{2o} dur. Eşitlik (2.13) e benzer şekilde, boşluklu perde için aşırı dayanım faktörü

$$\Phi_{o,w} = \frac{M_{1o} + M_{2o} + \ell P_{Eo}}{M_E} \quad (4.3)$$

ile hesaplanır. Burada M_E Şekil 2.22 (b) de gösterilen yatay kuvvetlerin temelde oluşturduğu toplam devrilme momentidir. Eğer Denklem 4.3 den elde edilen $\Phi_{o,w}$ nin değeri λ_o/Φ den küçükse, oluşabilecek hatalar için boyutlandırma ayrıca kontrol edilmelidir. Diğer taraftan eğer $\Phi_{o,w}$ in değeri çok fazla ise aşırı dayanımın kaynağını bulmak için hesap yeniden gözden geçirilmelidir. Denklem 4.1 e uygun olarak normal kuvvette azaltma kullanıldığı zaman, farklı çelik cinsleri ve farklı λ_o değerleri ile bağ kirişlerinde (λ''_o) ve perdeler için (λ'_o) kullanıldığı zaman $\Phi_{o,w}$ in yorumuna dikkat edilmelidir. Bazı durumlarda, belirtildiği gibi yapının gerekli dayanım şartlarını sağlamak için,

$$\Phi_{o,w} \geq \frac{\lambda'_o (M_{1E} + M_{2E}) + \lambda''_o (1 - n/80) \ell P_E}{\Phi (M_{1E} + M_{2E}) + (1 - n/80) \ell P_E} \quad (4.4)$$

eşitsizliğinin sağlandığı gösterilmelidir. Burada aşırı dayanımda perde normal kuvvetinin devrilme momenti kapasitesine katkısında $n/80$ lik azaltmanın kabul edilebilir olduğu varsayılmalıdır.

ADIM 13: Perde Hesap Kesme Kuvvetleri Bölüm 2.3.2 (c) de altı çizilen elastik olmayan kuvvet dağılımının kavramlarının kullanılarak, boşluklu perde yapısının herhangi bir perdesi için herhangi seviyede maksimum kesme kuvveti

$$V_u = V_{i, \text{perde}} = \omega_v \Phi_{o,w} \left(\frac{M_{io}}{M_{1o} + M_{2o}} \right) V_E \quad i = 1, 2 \quad (4.5)$$

den tahmin edilebilir.

Burada ω_v = Denklem (2.23) e uygun olarak hesaplanan dinamik kayma faktörü

V_E = boşluklu perdenin eşdeğer yatay yüklerle bulunan toplam kesme kuvveti.

$\omega_v \phi_{o,w} \leq \mu_{\Delta}/\phi$ eşitlik (2.24a) a uygun olarak bulunur.

Eşitlik (4.5) de parantez içindeki terim iki perde arasındaki kesme kuvvetlerinin dağılımı yaklaşık hesaba katmak içindir. Bu değer aşırı dayanımın oluşumunda ki ilk elastik analizle kurulandan muhtemelen farklıdır.

ADIM 14: Perdelerin Temel seviyesinde Kesme Donatılarının Hesabı Plastik mafsallı bölgelerinde eğik çekme ve basınç gerilmelerinin hesabı 2.4.4 de açıklanmıştır. Perde kalınlığının kontrolü, gerekli olan yatay kesme donatısı belirlenebilir. Betonun kesme dayanım mekanizmasına katkısının hesabında normal kuvvetlerin P_{1o} ve P_{2o} etkileri göz önüne alınmalıdır.

ADIM 15: Perdelerin Kesme Kapasitesinin Kontrolü Plastik mafsallı bölgesinde ve özellikle yapının iç derzlerinde, düşey donatı yeterliliği kontrol edilir. Bu yüzden iki perde bir konsol perde gibi göz önüne alınır.

ADIM 16: Perdelerin Plastik Mafsallı Bölgelerinin Kuşatılması ve Gerekli Donatılar Yukarıda bahsedilen yük kombinasyonlarından, her bir perdenin plastik mafsallı bölgesi için tarafsız eksenin konumu bulunur. Her bir perde için 2.4.2.i ve 2.4.2.iv de açıklanan enine donatı ve düşey donatılar teşkil edilir.

ADIM 17: Yüksek Katlı Perdelerde Gerekli Dayanım Hesabı Düşey perde donatılarının eklenmesi amacı için, her perdenin yüksekliği boyunca Şekil 2.29 da gösterildiği gibi oluşan bir eğilme momenti diyagramı göz önüne alınır. Bu perde yüksekliği boyunca yüksek modda dinamik tepkiden dolayı eğilme olasılığı minimize edilmesini sağlamak içindir. Binanın yüksek katlarında plastik mafsalların olması beklenmediği için kesme donatılarının teşkili için özel gereksinimlere ihtiyaç yoktur.

ADIM 18: Temel Boyutlandırılması Aşırı Dayanım için bulunan üst yapıya ait P_{1o} , P_{2o} , M_{1o} ve M_{2o} ve perde kesme kuvveti $V_{perde} = V_{1,perde} + V_{2,perde}$ temellerde tasarım kuvveti olarak göz önüne alınır.

4.2 Boşluklu Perdelerde Tasarım Örneği

10 katlı simetrik bir yapıda verilen yanal kuvvetler binada yer alan bir yöndeki yapının bu yöne paralel iki ekseninde mevcut boşluklu perdeler tarafından karşılanmaktadır. Diğer yöndeki kuvvetten bu yönde 7,35 m (24.1 ft) aralıklarla düzenlenmiş, betonarme çerçevelerle taşınmaktadır.

Boşluklu perdeye ait boyutlar ve yatay eşdeğer statik kuvvetler Şekil 4.1 de gösterilmiştir. Başlangıçta yer değiştirme duktıl kapasitesi $\mu_{\Delta} = 5$ varsayılmıştır. Yapının tahmini periyodu $T = 0.87$ s. dir . Deprem bölge katsayısı ve önem faktörü sırasıyla 0.217 ve 1.0 dır. Karşılaştırma katsayısı $C_{T,S}$ 1.66 olarak alınmıştır. Binanın toplam ağırlığı 67200 kN (15,050 kips) tahmin edilmiştir, minimum % 10 eksantrisite ile, boşluklu perdeye ait tasarım temel kesme kuvveti için

$$V_b = Z \cdot C_{T,S} \frac{I}{R} \sum_{i=1}^N W_{tr}$$

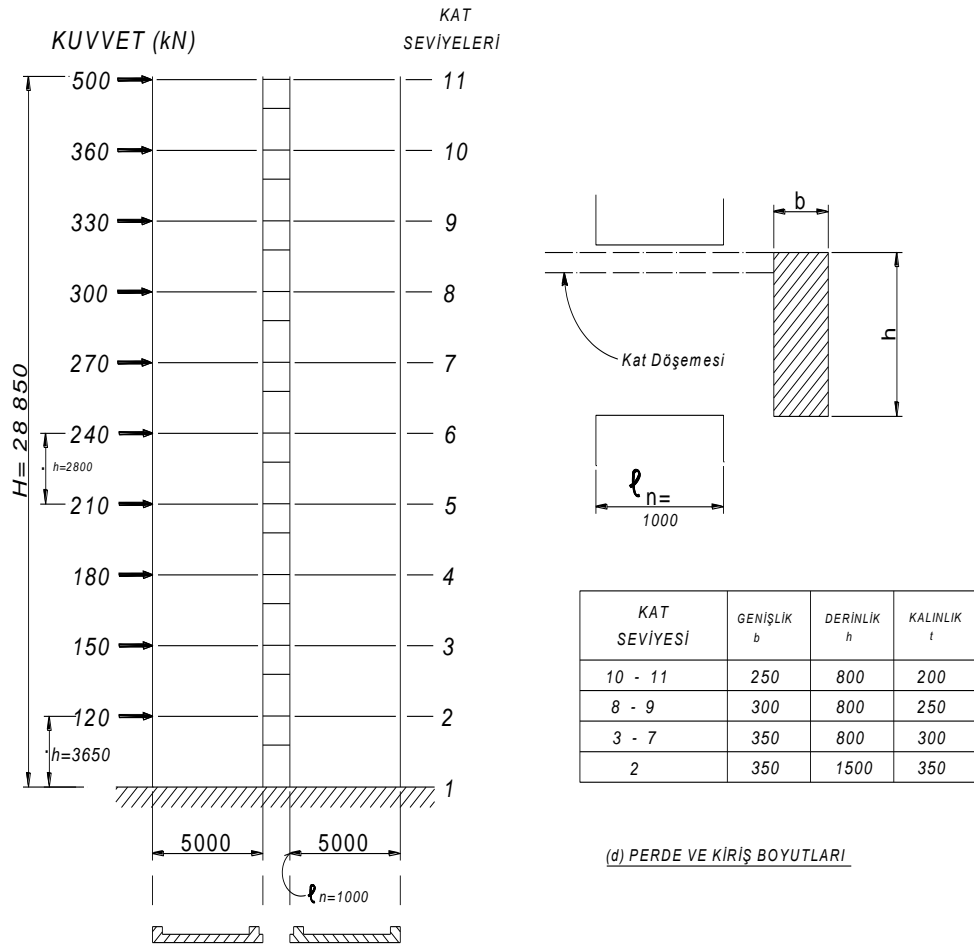
Z = Deprem bölgesi katsayısı

$C_{T,S}$ = periyoda bağlı katsayı (Spektrum katsayısı)

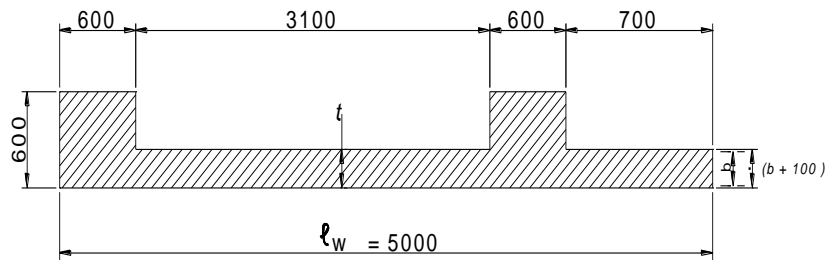
R = kuvvet azaltma faktörü (Yapı Sünekliği)

$V_{taban} = 0.5 \times 1.1 (0.217 \times 1.66 \times 1.0 \times 67200 / 5) = 2660$ kN (596 kips) olarak hesaplanır. Boşluklu perdeler ve bağ kirişine döşemelerden aktarılan yükler Tablo 4.1de gösterilmiştir.Düşey yükler iki perdenin her birinde üniform basınca sebep olan yük olarakta varsayılabilir. Her bir perdenin yüklendiği kat alanı her seviyede 45 m^2 dir. Aşağıdaki verilen malzeme özelliklerinin kullanılması tasarlanmaktadır.

Kiriş donatısı (R ,D)	$f_y = 275$ Mpa (40 ksi)	$\lambda_o = 1,25$
Perde donatısı (HD)	$f_y = 380$ Mpa (55 ksi)	$\lambda_o = 1,40$
Etriye ve bağ kirişi çapraz donatılı	$f_y = 275$ MPa (40 ksi)	
Beton 3. kata kadar	$f_c' = 30$ MPa (4350 psi)	
(3. kattan sonra)	$f_c' = 25$ MPa (3625 psi)	



(a) KESME PERDESİ BOYUTLARI & YÜKLEME



(c) SOL PERDENİN KESİTİ

Şekil 4.1 Boşluklu perdenin boyutları

Tablo 4.1 Şekil 4.1 deki yapı için zati ve hareketli yük tablosu

Kat Seviyesi	Zati Yük		Hareketli yük	
	kN	kips	kN	kips
10	320	72	80	18
9	350	78	100	22
7 ve 8	400	90	100	22
6	430	96	100	22
2 den 5 'e	480	108	100	22
1	500	112	120	27
1 kesitindeki toplam	4320	970	1000	224

Binanın uzun yönünde her bir duvara mesnetli 600 mm (23.6 in) genişlikte iki kiriş tasarlanmıştır. Bu nedenle 600 x 600 mm boyutundaki kolon kesitlerinin her birinde bulunan 0.8% boyuna donatı uzun doğrultudaki deprem yükleri için yeterlidir. Boşluklu perdelerin 30 m (98 ft) boyunda ve 7.5 m yükseklikli perde temeline ankastre olarak mesnetlendirilmiştir.

(b) Hesap Adımları Adım 1: Geometrik Boyutların Kontrolü

(i) Perde stabilitesinin kontrolü

Şekil 2.37 den: $b_w \geq h_1 / 16 \geq 3650 / 16 = 228 \text{ mm (9 in.)}$

$A_r = h_w / l_w = 28.85 / 5 = 5.77$ ve $\mu_\Delta = 5$ ile Şekil 2.36 dan $b_c / l_w = 0.069$ bulunur.

$b_w \geq 0,069 \times 500 = 345 \text{ mm (13.6 in.)}$

(ii) Bağ kirişin stabilitesi:

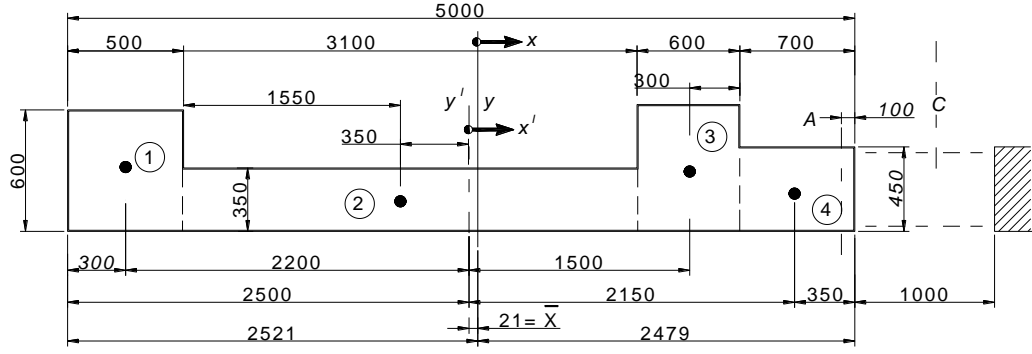
Kirişlerin yanal stabiliteleri $l_n / b_w < 25$ ve $l_n h / b_w^2 < 100$ şartlarının sağlanması ile kontrol edilmektedir.

$$l_n / b_w = 1000 / 250 = 4 < 25$$

$$\text{veya } l_n h / b_w^2 = 1000 \times 800 / 250^2 = 12.8 < 100 \text{ (250 mm genişlik için)}$$

$$\text{veya } = 1000 \times 1500 / 350^2 = 12 < 100 \text{ (350 mm genişlik için)}$$

bulunur.



Şekil 4.2 Hesaplama özellikleri için perde boyutları (1000 mm = 39,7in).

Adım 2: Düşey Yükler ve Eşdeğer Kütleler: Düşey yükler Tablo 2.4 de gösterilmiştir. Eşdeğer kat kütleleri için tolerans Şekil 4.1 (a) da verilen eşdeğer yanal kuvvetler sağlandığı zaman yapılmıştır.

Adım 3: Deprem Tasarım Kuvvetleri: Tahmini toplam temel kesme kuvveti $V_{\text{taban}} = 2660 \text{ kN}$ Şekil 4.1 (a) da gösterildiği gibi perde yüksekliğince dağıtılmıştır. Yapının analizinden sonra düzeltmeler Adım 5 de yapılacaktır.

Adım 4: Yapının Analizi

(a) Eleman Özellikleri: 1. kattan 7. kata kadar uygulanabilir tahmini perde boyutları Şekil 4.2 de gösterilmiştir. Perde bölümünün özelliklerinin hesaplanabilmesi için 2.5 m uzaklıkta, herhangi bir y' aksı kullanılmış ve rutin hesaplamaların sonucu Tablo 4.5 e işlenmiştir.

Tablo 4.2 Perde Özellikleri

i	x^1 (10^3 mm)	A_i (10^3 mm^2)	$x^1 A_i$ (10^6 mm^3)	x (10^3 mm)	$x A_i$ (10^6 mm^3)	$x^2 A_i$ (10^9 mm^4)	I_y (10^9 mm^4)
1	-2,20	360	-792	-2,221	-800	1777	10
2	-0,35	1085	-380	-0,371	-403	149	869
3	1,50	360	540	1,479	532	787	11
4	2,15	315	677	2,129	671	1429	13
		2120	45		0	4142	904

Geometrik merkez $\bar{x} = 45 \times 10^6 / (2120 \times 10^3) = 21 \text{ mm}$ ($x = \bar{x}_i + x$) ve

$$\Sigma I_{yy} = \Sigma I_{yi} + x^2 A_i$$

$I_{yy} = (4142 + 904) \times 10^9 = 5046 \text{ m}^4$.Çatlakların (Bölüm 2.3.1 (a)) etkilerine müsaade etmek için

Çekme Perdesi:	$l_e = 0.5l_g = 0.5 \times 5.046$	$= 2.52 \text{ m}^4$
	$A_e = 0.5 A_g = 0.5 \times 2.12$	$= 1.06 \text{ m}^2$
Basınç Perdesi:	$l_e = 0.8l_g$	$= 4.04 \text{ m}^4$
	$A_e = A_g$	$= 2.12 \text{ m}^2$

değerleri kullanılır.

Perdelerde normal kuvvetlerin neden olduğu eşdeğer yanal kuvvetler bilinirse, yukarıdaki varsayımlar revize edilebilir(Denklem. (2.7)) ve tasarım işlemindeki düzeltmeler gerekli ise yapılır. Yanal eşdeğer statik kuvvetlerin elastik analizi için, azaltılmış perde kalınlığına göre ve yeni geometrik merkezi göz önüne alınarak hesap yapılır. Bu kaba tahmin özellikle çatlamalardan dolayı rijitlik azalması için kabul edilebilir.Betonarme diyagonal donatılmış bağ kirişlerinde kayma bozulmalarına ve çatlamalara müsaade etmek için, Denklem (2.8a) kullanılır.

$$l_e = 0.4 l_b / (1 + 3(h^2 + l_n))$$

Burada Şekil 4.1 den $l_n = 1000 \text{ mm}$. Alanın etkili atalet momenti l_e Tablo 4.2 de katlara göre verilmiştir.

(b) Deprem Kuvvetlerinden Dolayı Oluşan Etkiler : Çerçeve analizi kullanılarak, kiriş kayma kuvvetleri, perde eğilme momentleri, normal kuvvetler ve kesme kuvvetleri bulunmuştur. (Şekil. 4.3)

Adım 5: μ_A ve Hesap Kuvvetlerinin Sağlanması: Şekil 4.1 (a) da gösterilen yanal kuvvetlerden yapıdaki toplam devrilme momenti 51540 kNm olarak bulunur.

$$\sum F_i h_i = M_o$$

Bu sonuç iç kuvvetlerin denge şartı kullanılarak kontrol edilebilir

$$M_{ot} = M_1 + M_2 + IT = 7003 + 12,166 + 5,958 \times 5433 = 51538$$

$$\approx 51,540 \text{ kNm (37,880 kip-ft)}$$

Tablo 4.3 Kiriş Özellikleri

Kat seviyesi	h (m)	b (m)	I_b (m ⁴)	h / I_n	I_e (m ⁴)
10 – 11	0.80	0.25	0.0107	0.80	0.00147
8 – 9	0.80	0.30	0.0128	0.80	0.00175
3 – 7	0.80	0.35	0.0149	0.80	0.00204
2	1.50	0.35	0.0984	1.50	0.00507

burada yapının temeline uygulanabilen M_1 , M_2 ve T' nin büyüklüğü Şekil 4.3 (b) ve (d) de verilmiştir. Perdelerin ağırlık merkezleri arasındaki uzaklık (Bakınız Şekil 4.2) $(2 \times 2479 + 1000) = 5958$ mm (19.53 ft)dir. Bu durumda

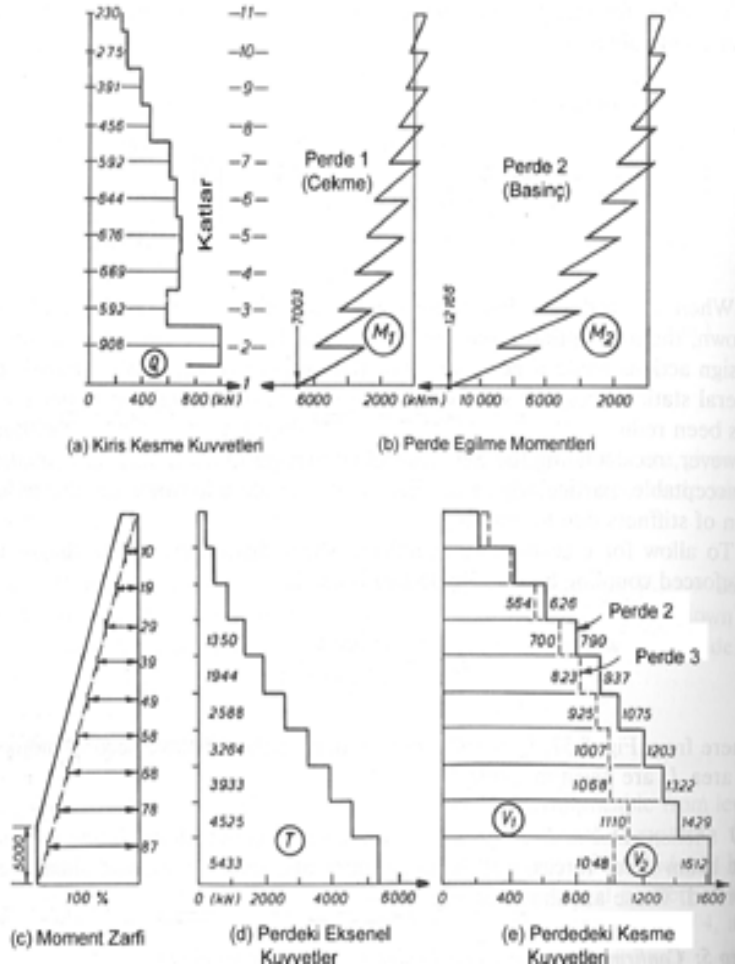
$$A = \ell T / M_{ot} = 5.958 \times 5433 / 51.54 = 0.628 < 2/3$$

olarak bulunur, Bölüm 4.1 (a) da varsayıldığı gibi $\mu_\Delta = 5$ yerine, Denklem (2.5) e uygun olarak tasarım süneklik faktörü

$$5 \leq R = 3A + 4 \leq 6$$

$$R = \mu_\Delta = 3 \times 0.628 + 4 = 5.88 > 5 \text{ alınabilir.}$$

Ayrıca analiz sonucu periyot varsayılan periyottan çok az daha fazla olup $C_{T,S} = 1.66$ bulunmuştur bu durumda Şekil 4.1 (a) da gösterilen eşdeğer hesap kuvvetleri ve Şekil 4.3 de verilen bu kuvvetlerin etkileri $(5/5.88)(1.60/1.66) = 0.82$ faktörü ile azaltılabilir.



Şekil 4.3 Eşdeğer statik kuvvetler etkisinde perdelerdeki tesirler

Adım 6: Temelerde Kontrol: Averaj değer in $\lambda_o=1.35$ in olduğu tahmin edilip ve bundan dolayı aşırı dayanıma göre boyutlandırılmış yapının temelinde toplam bir devrilme momenti oluşması beklensin. Yapı temelini bu momenti karşılayabileceği varsayılır.

$$\lambda_o M_{ot} / \Phi = 1.35 (0.82 \times 51.540) / 0.9 = 63400 \text{ kNm} (46600 \text{ kip-ft})$$

Adım 7: Bağ Kirişinin Tasarımı:

(a) 3. kattan 9. ' a kat kadar olan bağ kirişleri: Bu kirişlerdeki düşey yük etkisi ihmal edilecektir.. Denklem (2.29)

$$v_i = 0.1 I_n \sqrt{f_c' / h} = 0.1 \times 1000 \sqrt{30 / 800} = 0.68 \text{ Mpa} (100 \text{ psi})$$

uygun olur. Bundan dolayı 3. kattan 9. kata kadar bütün kirişlerde 4 D24 (0,94 inç çaplı) donatı kullanılması denenir .Bu durumda örnek bir kirişteki kayma dayanımı $Q_u = (1810/2123)554 = 472 \text{ kN (106 kips)}$ tir. Analiz sonucu yedi katta oluşan toplam kesme kuvveti Şekil 4.4 'den

$$\begin{aligned}\sum Q_u &= 0,82(592+669+676+644+592+456+391) \\ &= 3295 \text{ kN (738 kips)}\end{aligned}$$

aynı yedi kat üstü için 4 D24 (0,94 inç çaplı) donatıdan sağlanan toplam bağımlı düşey kayma dayanımı

$$Q_u = 7 \times 472 = 3304 > 3295 \text{ kN (738 kips)}$$

Olup bu sonuç uygundur.

Bu kesme kuvveti dağılımının gerektirdiği maksimum azaltma

$$(554-472)100/554 = 14.8 \% < 20 \% \text{ dir.}$$

Bölüm 2.4.5 (b) uygun olarak donatılarda burkulmayı engellemek için D24 donatılardan ($A_b = 452 \text{ mm}^2$) gerekli olan enine donatı miktarı(kirişler gibi)

$$A_{te} = \frac{\sum A_b f_y}{16 f_{yt}} \cdot \frac{s}{100} = \frac{452 \times 275 \times s}{16 \times 275 \times 100} = 0.283s \text{ mm}^2$$

Burada $s \leq 100 \text{ mm (4 inç)}$ veya $s \leq 6d_b = 6 \times 24 = 144 \text{ mm (5.67 inç)}$ dir. $S=100 \text{ mm}$ ile $A_{te} = 0.283 \times 100 = 28.3 \text{ mm}^2 (0,044 \text{ inç}^2)$ R6 (0.24 inç çaplı) bulunur. Etriye Ø6 /100 olarak yerleştirilir.

(i) Bu D24 (0,94 inç çaplı) çubuklar için gerekli kenetlenme boyu normal olarak

$$l_{db} = \frac{1.38 A_b f_y}{\sqrt{f_c}} = \frac{1.38 \times 452 \times 275}{27 \sqrt{30}} = 1160 \text{ mm (3.8 ft)}$$

dir. Burada Şekil 4.4 e göre düşey düzlemde çubuklar arası merkezden merkeze uzaklık $2c_s=24+30=54$ mm (2,13in.)tir. $c= 54/2 = 27$ mm olarak alınır. Bu dört çubuk grubunun kenetlenme boyu bölüm 2.4.5 (b) gereğince %50 artırılır. Bu yüzden

$$l_d = 1.5 \times 1160 = 1750 \text{ mm (5.75 ft)}$$

(ii) Alternatif olarak, enine donatı kullanıldığı durumlarda , kenetlenme boyu azalabilir. 100 mm (4 inç) aralıkla

$$k_{tr} = A_{tr} f_{yt} / 10s = 28.3 \times 275 / (10 \times 1000) = 7.8 \text{ mm (0.31 in.)}$$

ve bu nedenle azaltma faktörü

$$\frac{c}{c + k_{tr}} = \frac{27}{27 + 7.8} = 0.776$$

ve böylece $l_d = 0.776 \times 1.5 \times 1160 = 1350$ mm olur. Bu durumda 1400 mm kenet boyu seçilirse yeterlidir. Bu kirişlerin detayları Şekil. 4.4’de gösterilmiştir. Bir de bu bağ kirişlerinde çatlak kontrolü için konstrüktif gövde donatıları gereklidir(düşey – yatay). 10 R10 (0.39 inç çaplı) yatay donatı kullanılırsa

$$\rho_h = 10 \times 78.5 / (350 \times 800) = 0.0028 > 0.0025 = 0.7 / f_y (0.1 / f_y)$$

R10 (0,39 inç çaplı) donatı 180 mm aralıkla kullanılırsa

$$\rho_v = 2 \times 78.5 / (180 \times 350) = 0.0025 \text{ bulunur . Seçilen donatılar uygundur.}$$

(b) **10. ve 11. Katlardaki Bağ Kirişleri:** Her bir diyagonal yönde dört D16 (0.63 inç çaplı) çubuk kullanılırsa ($A_{sd} = 804 \text{ mm}^2$ (1.25 inç²)).

$$\begin{aligned} Q_u &= 2 \Phi A_s f_u \sin \alpha = 2 \times 0.9 \times 804 \times 275 \times 0.527 \times 10^{-3} \\ &= 210 \text{ kN} \end{aligned}$$

güvenilir bir kayma dayanımı sağlar. Şekil 4.3 (a)dan gerekli olan ortalama kayma kuvveti

$$Q_{u,gerekli} = 0.82(275+230)/2 = 208 < 210 \text{ kN}$$

bulunur R6(0.24 in. çaplı)etriye kullanılırsa $s \leq d_b = 6 \times 16 = 96 \approx 100$ mm olup 100 mm aralıkla kullanılabilir..

(c) 2. Kattaki kiriş:Bu kiriş 1500 mm (59 inç) derinlikte olduğundan, $\alpha = 50^\circ$ ve $\sin \alpha = 0.766$ olarak bulunur. Bu nedenle ;

$$A_{sd} = 0.82 \times 908.000 / (2 \times 0.9 \times 275 \times 0.766) = 1976 \text{ mm}^2 \text{ (3.06 inç}^2\text{)}$$

Üst katlardaki kirişler için verilen benzer olarak her yönde dört D28 (1.1 inç çaplı) çubuk ($A_{sd} = 2463 \text{ mm}^2$ (3,82 inç²)) kullanılır. Ayrıca, diyagonal D28 (1.1 inç çaplı) çubuk boyunca 100 mm (4 inç) aralıklarla R10 (0.39 inç çaplı) etriyeler kullanmak gerekir.

ADIM 8: Bağ Kirişlerinin Aşırı Dayanımı: 800 mm (31.5 inç) yükseklikli kirişin aşırı kayma dayanımı Q_{ui} sadece diyagonal çubukların dağılımını düşünüldüğünde Şekil. 4.4'den türetilbilir ve böylece:

$$Q_{oi} = (\lambda_o A_s f_y) 2 \sin \alpha = 1.25 \times 275 \times 2 \times 0.527 \times 10^{-3} A_s = 0.362 A_s \text{ kN}$$

Burada Q_{oi} kN ve A_s mm² dir. Bu durumda 3. kattan 9. kata kadar

$Q_{oi} = 0.362 \times 1810 = 655 \text{ kN (147 kips)}$ dir. 10. ve 11. katlardaki kirişlerin aşırı kayma dayanımı

$$Q_{io} = \lambda_o Q_u / \Phi = 1.25 \times 210 / 0.9 = 291 \text{ kN (65 kips)}$$

1. kat kirişinin aşırı kayma dayanımı

$$Q_o = 1.25 \times 275 \times 2463 \times 2 \times 0.766 \times 10^{-3} = 1297 \text{ kN (291 kips)} \text{ olarak hesaplanır.}$$

ADIM 9: Temel Seviyesinde Perde Hesabı :

(a) Temel Seviyesinde Çekme Perdesi: Şekil 4.3 ve Tablo 4.1 den verilen yüklemeye göre sol perde çekme perdesi , sağ perde basınç perdesi olacaktır.

$$M_{u1} = 0.82 \times 7003 = 5740 \text{ kNm (4220 kip-ft)}$$

$$\text{Zati Yük: } P_D = 0.5 \times 4320 = 2160 \text{ kN (484 kips)}$$

$$\text{Hareketli Yük: } P_{CR} = r.P_L = 0.5 \times 1000r = 500r$$

Bir perdeye yük veren toplam alan (10 kattan)

$A=10 \times 45=450 \text{ m}^2$ olup $r=0.3+3/\sqrt{A}$ formülü yardımıyla $r=0.3+3/\sqrt{450}=0.44$

$P_{Lr}=500 \times 0.44=220 \text{ kN}$ (49 kips) bulunur.

Çekme kuvveti

Depremden oluşan çekme kuvveti Şekil 4.3 e göre 5433 kN olup azaltma katsayısı kullanılırsa

$P_E=-0.82 \times 5433$ (çekme)= -4482 kN (1004 kips) bulunur.

Böylece süperpoze normal kuvvet

$P_u=0.9P_D+P_E=0.9 \times 2160-4482$ (çekme)= -2538 kN (569 kips) (çekme)

Eksantrisite ; $e = M_{u1} / P_u = 5740 / 2538 = 2.26 \text{ m}$ (7,41 ft)

olur. Perde temel birleşimde $P_i=2538/0.9=2820 \text{ kN}$ (632 kips)(çekme kuvveti) $e=2.26 \text{ m}$ eksantrisite ile taşınmalıdır.

(b) Temel Seviyesinde Basınç Perdesi: Çekme ve basınç perdeleri arasında moment dağılımı yapılabileceğinden basınç perdesi çekme perdesi tasarımından sonra incelenecektir.

ADIM 10: Temel Seviyesinde Perdede Donatı Seçimi :

(a) Minimum Donatının İncelenmesi: 350 mm (13,8 inç) kalınlıklı perdenin minimum düşey donatısı (çekme donatısı)

$\rho_{l,min}=0.7 / f_y=0.7/380=0.0018$ 'dir.

İki yüzde 300 mm (11.8 inç) aralıkla HD 12 (0.47 inç çaplı) donatı kullanılması durumunda

$$\rho_l=226/(350 \times 300)=0.00215 > 0.0018$$

Şekil 4.2'de gösterilen 600 x 600 mm boyutlu elemanlarda minimum donatı kolonlar için gerekli donatı alanları gibi (Bölüm 4.1 (a))

$A_s = 0.008 \times 600^2 = 2880 \text{ mm}^2$ (4.46 inç²) olarak bulunur.

Perdeye dik doğrultuda kolon gibi davranan bu elemanlarda en az 12 donatıya ihtiyaç vardır. 12 HD 20 (0.79 in. çaplı) donatılar = 3768 mm^2 (5.84 in.^2) seçilsin.

(b)Çekme Perdesindeki Eğilme Donatıları:Bölüm2.4.2 (a) prensipleri kullanılarak, perdede normal gerilme olduğu zaman Şekil 4.2 'de gösterilen 1 eleman alanında gerekli olan çekme donatısı tahmin edilsin. Net normal gerilme yüzünden, başlangıçta iç basınç kuvvetlerinin merkezinin Eleman 4'ün dış kenarından sadece 100 mm uzaklıkta olduğu olduğu varsayılın. ($f_y=380 \text{ MPa}$ (55 ksi) ile) Şekil 4.2'den

$$\text{Eleman 1: } A_{s1}f_y=380A_{s1}\times 10^{-3} \quad =0.38A_{s1} \text{ kN}$$

$$\text{Eleman 2: } 0.00215\times 3100\times 350\times 380\times 10^{-3} \quad = 886 \text{ kN (198 kips)}$$

$$\text{Eleman 3: } 3768\times 380\times 10^{-3} \quad = 1432 \text{ kN (321 kips)}$$

$$\text{Eleman 4: } \text{şimdilik ihmal edilir.} \quad = \text{---}$$

Çekme bölgesindeki donatıların tarafsız eksene göre momentleri ile dış moment dengesinden A_{s1} hesaplanır. 2 de oluşan kuvvetin tarafsız eksene göre momenti :

$$M_2=886(0.5\times 3.1+0.6+0.7-0.1) \quad = 2437 \text{ kNm (179 kip-ft)}$$

3 elemanındaki kuvvetin tarafsız eksene göre momenti

$$M_3=1432(0.3+0.7-0.1) \quad = 1289 \text{ kNm (947 kip-ft)}$$

$$P_1e_A=-2820(2260+2479-0.1) \quad =-13082 \text{ kNm (9656 kip-ft)}$$

$$M_1= \text{Gerekli moment} - (M_2+M_3-P_1e_A) \quad = 9356 \text{ kNm (6918 kipft)}$$

Buradan;

$$A_{s1}=9356 / [(5.0-0.3-0.1)380\times 10^{-3}]=5351 \text{ mm}^2 \text{ (8.34 in.}^2\text{)}$$

Eleman 1’de 12 HD 24 (0,94 inç çaplı) çubuk $= 5428 \text{ mm}^2$ (8.41 inç²) kullanılabilir. Bu çekme donatısı perdeler arası moment yeniden dağılımı ile azaltılabilir. 2.Perde yüksek normal basınç kuvvetinden dolayı minimum donatı ile çok yüksek moment kapasitesine sahip olacaktır. Bu nedenle bu alanda (örnek 12 HD 20 (0.79 inç çaplı)) çubuklar $= 3768 \text{ mm}^2$ (5.84 inç²) kullanılabilir. Ancak, bu donatı moment yeniden dağılımından sonra bile bu ihtiyacı karşılayamayacaktır. Verilen $T_1 = 380 \times 4396 \times 10^{-3} = 1670 \text{ kN}$ (374 kips) bir çekme kuvveti için 14 HD 20 (0.79 inç çaplı) donatıları kullanmak gerekir.

(c) Temel Seviyesinde Çekme Perdesinin İdeal Eğilme Dayanımı Önerilen donatı yerleşimi ile perde bölümünün momenti değerlendirilir. Tarafsız eksenin yakın çevresinden, Eleman 4 de basınç ve çekme donatı dağılımı ihmal edilir.

$$\text{Toplam iç kuvvet} = 1670 + 886 + 1432 = 3988 \text{ kN (893 kips)}$$

$$\text{Dış kuvvet} \quad P_i = 2820 \text{ kn (632 kips)}$$

$$\therefore \text{basınç kuvveti} \quad C = 1168 \text{ kN (261 kips)}$$

Beton basınç bloğunun derinliği:

$$a = 1,168,00 / (0.85 \times 30 \times 450) = 102 \text{ mm (4,01 in.)}$$

buradan, eleman 4’de basınç kenarından tarafsız eksen derinliği teorik olarak sadece $a = 0.85 \quad c = 102/0.85 = 120 \text{ mm (4.72 in.)}$ dir.

Tablo 4.2 de verilen x uzaklıkları kullanılarak kuvvetlerin alanının ağırlık merkezinden geçen eksene göre momentleri hesaplanabilir (örneğin Şekil 4.2 de y aksı)

$$\text{Eleman 1:} \quad +1670 \times 2.221 = 3709 \text{ kNm (2726 kip-ft)}$$

$$\text{Eleman 2:} \quad +886 \times 0.371 = 329 \text{ kNm (242 kip-ft)}$$

$$\text{Eleman 3:} \quad -1432 \times 1.479 = -2118 \text{ kNm (1557 kip-ft)}$$

$$\text{Eleman 4:} \quad +1168(2.479 - 0.051) = 2836 \text{ kNm (3496 kip-ft)}$$

$$P_i = 1670 + 886 + 1432 - 1168 = 2820 \text{ kN, } M_i = 4756 \text{ kNm (3496 kip-ft)}$$

Gerekli olan bağımlı eğilme dayanımını kontrol edersek;

$$\Phi M_i/M_u = 0.9 \times 4756/5740 = 0.746 > 0.7$$

Buradan, 14HD 20 donatı ile Bölüm 2.3.2 (c) de önerilen moment dağılımında %30 kısıtlamanın aşılmadığı görülmektedir. (25.4% moment dağılımı)

(d) Basınç Perdesinin Taban Kesitinde Eğilmeye Göre Boyutlandırma

(i) Perde Temelindeki Tesirler: Perdede momentler moment yeniden dağılımı nedeniyle 25.4% azaltıldığı için 2 numaralı perde momenti

$$M_2 = 0.82 [12166 + (1-0.746)7003] = 11430 \text{ kNm (8401 kip-ft) olacaktır.}$$

Şekil 4.3 (d) ve 9. Adımdan Toplam normal kuvvet :

$$P_U = P_E + P_D + 1.3P_L = 0.82 \times 5433 + 2160 + 1.3 \times 220$$

$$= 6899 \text{ kN (1545 kips)}$$

veya

$$P_U = P_E + 0.9P_D = 0.82 \times 5433 + 0.9 \times 2160$$

$$= 6397 \text{ kN (kritik) (1433 kips)}$$

eksantrisite $e = 11430/6397 = 1.787 \text{ m (5.86 ft)} < 2.521 \text{ m (Şekil. 4.2 bkz.) olur.}$

(ii) Eğilme Dayanımı: Normal basınç kuvveti kesit içinde etki ettiği için 2 ve 3 alanında mevcut çekme donatıları yeterli olacak. 4 numaralı bölgeye maksimum donatı yerleştirilecektir. 6 HD 16 donatı kullanılması durumunda

$$\begin{aligned} A_s &= 1206 \text{ mm}^2 (1.87 \text{ in.}^2) > \rho_{1 \min} = 0.0018 \times 700 \times 450 \\ &= 567 \text{ mm}^2 (0.88 \text{ in.}^2) \end{aligned}$$

Düşey donatı Şekil 4.5 de gösterilmiştir. Kesitin eğilme dayanımı yeterli olduğundan, ayrıca değerlendirmeye gerek yoktur. Alanının yeterliliği kontrol edilirse, eğilme aşırı dayanımı hesaplanabilir(Adım12)

Adım 11: Bağ Kirişinin Aşırı Dayanımından Dolayı Oluşan Normal Kuvvet
Adım 8’de tüm bağ kirişlerinde aşırı dayanım nedeniyle oluşacak kesme kuvvetlerinin toplamı

$$\sum Q_{oi} = 1297 + 7 \times 655 + 2 \times 291 = 6464 \text{ kN (1448 kips) olup}$$

$$6464 / (0.82 \times 5433) = 1.44 > \lambda_o / \Phi = 1.25 / 0.9 = 1.39$$

Perdelerin temel seviyesinde bu normal kuvvetten oluşacak tahmini maksimum kuvvet Eşitlik (4.1) den

$$P_{Eo} = \left(1 - \frac{n}{80}\right) \sum_1^{10} Q_{io} = \left(1 - \frac{10}{80}\right) 6464 = 5656 \text{ kN (1267 kips)}$$

bulunur şekilde, n = 7 ile kat 3 ile 4 arasında

$$P_{Eo} = \left(1 - \frac{7}{80}\right) (6464 - 1297 - 2 \times 665) = 3520 \text{ kN (788 kips) dir.}$$

Adım 12: Tüm Yapının Aşırı Eğilme Dayanımı Eşitlik (4.3) ün hesaplanması için bu adım gereklidir.

(a)Temelde Çekme Perdesinin Tabanında Aşırı eğilme Dayanımı: Eşitlik (4.2a) ya göre düşünülen normal kuvvet

$$P_{1,o} = P_{Eo} - P_D = 5656 - 2160 = 3496 \text{ kN (783 kips) (çekme)}$$

olur Düşey perde çekme donatısının çelik cinsine bağlı olarak $\lambda_o = 1.4$ alınabilir. Bu durumda çekme kuvveti $1.4 \times 3496 = 5583 \text{ kN (1251 kips)}$ [Adım 10’un bölüm (c)] a yükselir. Bu yüzden, basınç kuvveti $5583 - 3496 = 2097 \text{ kN (467 kips)}$ olur. Beton dayanımında %25 lik bir artışla

$$c = T / 1.25 f_c' b \quad a = 0.85 c \quad a = 2087000 / (0.85 \times 1.25 \times 30 \times 450) = 145 \text{ mm (5.71 mm.)}$$

bulunur. Önceki bölümde moment dağılımına benzer şekilde çekme perdesinde aşırı eğilme dayanımı ;

$$M_{10} \approx 1.40(3709+329-2118) + 2087 \times 2047 = 7711 \text{ kNm (5668 kip-ft) bulunur.}$$

(b) Basınç perdesinde aşırı eğilme dayanımı : Adım 11 ve (4.2 b) eşitliğinden

$P_{2,0} = 5656 + 2160 = 7816 \text{ kN (1751 kips)}$ (basınç). Tarafsız eksen derinliği 1 elemanın kenarından $600/0.85 = 706 \text{ mm (27.8 inç)}$ olarak tahmin edilsin. Şekil. 4.3 ü göz önüne alınarak her bir elemandaki kuvvet

$$\text{Eleman 4: çekme kuvveti } 1206 \times 1,40 \times 380 / 10^3 = 642 \text{ kN (144 kips)}$$

$$\text{Eleman 3: çekme kuvveti } 1,40 \times 1432 = 2005 \text{ kN (449 kips)}$$

$$\text{Eleman 2: çekme kuvveti } 1,15 \times 886 = \underline{1019 \text{ kN (228 kips)}}$$

(eleman 2 de pekleşme olmadığı kabul edilmiştir.)

$$\text{Toplam çekme kuvveti :} = 3666 \text{ kN (828 kips)}$$

$$\text{Eleman 1: toplam basınç kuvveti : } P_{2,0} + \text{çekme kuvvetlerinin toplamı} = 7816 + 3666 = 11482 \text{ kN (2572 kips)}$$

1.elemanda bu kuvvet beton ve mevcut donatı tarafından taşınır. 14Ø 20 donatının bulunduğu basınç maruz bölgede donatının yarısının aktığı yarısında ise gerilmenin $0.5 f_y$ olduğu kabul edilerek;

$$0.5 \times 1670 = 835 \text{ kN (187 kips)}$$

Basınç çubukları alanının içindeki bölgede çubuklardaki gerilmenin $0.5 f_y$ olduğu kabul edilirse ;

$$0.5 \times 0.5 \times 1670 = 418 \text{ kN (94 kips)}$$

$$\text{olur. Bu durumda betonda gerekli basınç kuvveti} = 10229 \text{ kN (2291 kips)}$$

Beton dayanımında 25% bir artış olduğu varsayılarak ;

$$f_c = 1.25 \times 30 = 37.5 \text{ Mpa (6550 psi)}$$

beton blok diyagramının yüksekliği ;

$$a = 10,229 \times 10^3 / (0,85 \times 37,5 \times 600) = 535 \text{ mm (21 in.)}$$

tarafsız eksen derinliği ;

$$c = 535 / 0,85 = 629 < 706 \text{ mm (27.8 inç) bulunur.}$$

Tablo 4.2 veya Şekil 4.2 ‘deki uzaklıkları kullanarak tarafsız eksene göre eleman kuvvetlerinin momentleri hesaplanırsa ;

$$\text{Eleman 4: } 642 \times 2.129 = + 1367 \text{ kNm (1005 kip-ft)}$$

$$\text{Eleman 3: } 2005 \times 1.479 = + 2965 \text{ kNm (2179 kip-ft)}$$

$$\text{Eleman 2: } - 1019 \times 0.371 = - 378 \text{ kNm (278 kip-ft)}$$

$$\text{Eleman 1: } 10,230(2.521 - 0.5 \times 0.535) = + 23053 \text{ kNm (16944 kip-ft)}$$

$$835(2.521 - 0.25 \times 0.6) = + 1980 \text{ kNm (1455 kip-ft)}$$

$$418(2.521 - 0.75 \times 0.6) = + 866 \text{ kNm (637 kip-ft)}$$

$$\underline{M_{2,0} = 29853 \text{ kNm (21942 kip-ft)}}$$

Bulunur. Basınç perdesinin aşırı dayanımı çok büyük olup azaltılamaz.

(c) Tüm Yapının Aşırı Eğilme Dayanımı: Toplam devrilme momenti M_{ot} , Adım 5’de bulunmuştu. Dolayısıyla, Denklem (4.3) ve $P_{Eo}=5656 \text{ kN (1267 kips)}$ ile Adım 11’den

$$\Phi_{o,w} = M_{1,o} + M_{2,o} + P_{Eo}l / M_{vt}$$

$$= 7711 + 29853 + 5656 \times (2 \times (2.479 + 0.5) / 0.82 \times 51540) = 1.686$$

bulunur Eğer her bir parça sadece tesirleri karşılamak için boyutlandırılmış olsaydı dayanım faktörü Eşitlik (4.4.) ve Şekil 4.3den

$$\Phi_{o,w} \geq \frac{\lambda'_{o}(M_{1E} + M_{2E}) + \lambda''_{o}(1 - n/80) \ell P_E}{\Phi (M_{1E} + M_{2E}) + (1 - n/80) \ell P_E} \quad (4.4)$$

$$\Phi_{o,w} = \frac{1.4(7003 + 12166) + 1.25 \times 5.958(1 - 0.2)5433}{0.9 (7003 + 12166 + 5.958 (1 - 0.2) 5433)} = 1.46$$

bulunurdu. Böylece projelendirilen yapı Denklem (4.1) gereğince yanal kuvvetin azaltılmasına rağmen yaklaşık olarak

$$(1.686 - 1.46) / 1.46 \times 100 = 15\%$$

aşırı dayanıma sahiptir. Perde bölümlerinin bütün parçalarında minimum düşey donatının kullanılmasından ötürü, bu aşırı dayanım azaltılamaz.

ADIM 13: Perde Tasarım Kesme Kuvvetleri: Yapının aşırı eğilme dayanımı nedeniyle gerekli toplam ideal kesme kuvveti ;

Denklem (2.24b) den $\omega_v = 1,3 + n / 30 = 1.3 + 10/30 \approx 1.6$ Adım 12'den $\phi_{o,w} = 1.686$

$$V_E = 0.82 \times 2660 = 2180 \text{ kN (488 kips)}$$

$$V_{\text{perde}} = \omega_v \Phi_{o,w} V_E \text{ olur. (Denklem 2.23)}$$

$$V_{\text{perde}} = 1.6 \times 1.686 \times 2180 = 5880 \text{ kN (1317 kips)}$$

bulunur. Bu kuvvet temel seviyesinde her iki perdeye aşırı eğilme dayanımı oranında dağıtılabilir. (Denklem (4.5))

$$\begin{aligned} V_u = V_{1,\text{perde}} &= \frac{M_{1o}}{M_{1,0} + M_{2,0}} \quad V_{\text{perde}} = \frac{7711}{7711 + 29,853} \times 5880 \\ &= 1207 \text{ kN (270 kips) (21 \%)} \end{aligned}$$

$$V_{2,perde} = \frac{29,853}{7711 + 29,583} \times 5880 = 4673 \text{ kN (1047 kips) (79\%)}$$

Basınç perdesi aşırı eğilme dayanımı nedeniyle kesme kuvvetinin % 79 u taşınmaktadır. İlk elastik analiz ve Şekil 4.3 (e) uyarınca, sadece 1612 kN (361 kips) (örnek olarak toplam kesme kuvvetinin (1612/(1612+1048)) %60.6sı) bu perdeye etki ettiği göz önüne alınmıştır.

ADIM 14: Temel Seviyesinde Perde Kayma Donatısının Hesabı: Basınç perdesinde

$$V_{2,perde} = V_{max} = 4673 \text{ kN (1047 kips)}$$

olup , bölüm 2.4.4.(b) ye göre $\phi = 1.0$ ve $d = 0.81_w$ alınarak 2.26 denkleminde

$$v_i = 4.673.00 / (0.8 \times 500 \times 350) = 3.34 \text{ MPa (484 psi)}$$

bulunur Denklem (2.28) uyarınca, plastik bölgede kayma gerilmesi ;

$$v_{i, maks} \leq \left(\frac{0.22 \Phi_{o,w}}{\mu_{\Delta}} + 0.03 \right) f'_c < 0.16 f_c \leq 6 \text{ MPa (870 psi) (2.28)}$$

şartı kontrol edilirse ;

$$= \left(\frac{0.22 \times 1.866}{5.88} + 0.03 \right) 30 = 2.79(4.05) < 0.16 f'_c = 4.8 (696) < 6,0$$

$v_i = 3.34 \text{ MPa (484 psi)} > v_{i, maks} = 2.79 \text{ MPa (405 psi)}$ olup bu şart sağlanmaktadır. Düktil plastik bölgelerde bu şartın sağlanabilmesi için kayma gerilmesinden dolayı perde kalınlıkları ilk iki katta 350 mm (13.8 inç) den 380 mm (15 inç) e arttırılmalı ve $f'_c = 35 \text{ MPa (5075 psi)}$ beton kullanılmalıdır. Bu durumda

$$v_{i, max} = 2.79 \times 35 / 30 = 3.26 \text{ MPa (473 psi)}$$

ve

$$v_i = 3.34 \times 350 / 380 = 3.08 \text{ (447 psi)} > 3.26 \text{ MPa (473 psi)}$$

bulunur. Perdenin toplam alanı

$$A_s = 2120000 + 3100 \times 30 = 2213000 \text{ mm}^2 \text{ (3430 in.}^2\text{)}$$

$P_{2,o} = 7816 \text{ kN (1751 kips)}$ olarak hesaplanmıştı. Basınç kuvveti ile zorlanan perdelerin plastik mafsallık bölgelerinde beton tarafından taşınan kayma kuvveti ;

$$v_c = 0.6 \sqrt{P_e / A_g} \text{ formülü ile verilmiştir} = 0.6 \sqrt{7817000 / 2213000} = 1.13 \text{ MPa}$$

ve kayma donatısı

$$\frac{A_v}{s} = \frac{v_i - v_c}{f_y} b = \frac{3.08 - 1.13}{380} = 1.95 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

olarak bulunur. Her iki yüzde HD16 (0.63 inç çaplı) donatı kullanarak, donatı aralığı $s = 2 \times 201 / 1.95 = 206 \text{ mm}$. olur. Aralık $s = 200 \text{ mm}$ olarak seçilebilir.

Çekme perdesinde $V_{1,perde} = 1207 \text{ kN (270 kips)}$ olup

$$v_i = 1207000 / (0.8 \times 5000 \times 380) = 0.80 \text{ MPa (116 psi) dır.}$$

Bu perdede $v_c = 0$ ve $(v_i - v_c) = 0.80 \text{ MPa}$ $0.80 < (3.08 - 1.13) = 1.95 \text{ MPa}$ olup basınç göz önüne alınarak yerleştirilen kayma donatısı bu durum içinde yeterlidir. Perde kalınlığını 350mm den 380 mm e çıkarıldığı halde düşey donatıyı değiştirmeye gerek yoktur. (HD12 donatı ile)

$\rho = 2 \times 113 / (300 \times 380) = 0.00198 > 0.0018 = \rho_{\min}$ şartı sağlanır. Böylece, eğilme için önceki hesaplar etkilenmez. Bu kayma hesapları potansiyel plastik bölgeye uygulanır. Bölüm 2.4.3 (e) $l_w = 500 \text{ mm}$ ve $h_w / 6 = 28850 / 6 = 4808 \text{ mm} < 5000 \text{ mm}$ ile göz önüne alınırsa hesaplana donatıların iki kat uzatılması gerekir. (3 seviyesine kadar)

Adım 15: Perdelerin Yanal Kesme Kapasitesinin Kontrolü: Plastik mafsallık çekme perdesinde olduğu zaman, çatlaklar teorik olarak tarafsız eksen uzaklığı olan basınç kenarından 120 mm uzaklığa kadar uzanır. Kayma dayanımı perde boyunca olan kesme sürtünmesinden daha çok düşey perde donatılarının dübelleme etkileri ile sağlanır. Eğer iki perde arasındaki bağlantı kuvvetli ise $A = 0.63 > 0.53$ bir çökme

olmadan önce iki perdede kayma oluşur. Bu nedenle çekme perdesinden basınç perdesine yanal kesme dağılımı oluşmak zorundadır. Kirişler ve döşemelerle birleştirilen iki perde kaymaya karşı, Bölüm 2.4.4 (c) de önerildiği gibi tek bir perde gibi davranabilir. Taşıyıcı duvarlarda yatay iç derzleri veya tekrarlı yükler etkisinde çatlakların olduğu bölgede plastik mafsallarda gerekli düşey donatı Denklem 4.6 ile verilmiştir.

$$A_{vf} = \frac{V_u - \Phi \mu P_u}{\Phi \mu f_y} \quad (4.6)$$

Burada A_{vf} = toplam kesit alanı

Φ = dayanım azaltma katsayısı ($\Phi = 0.85$ eğer kesme kuvveti eğilme aşırı dayanımından elde edilmiş ise , $\Phi = 1.0$)

μ = Sürtünme katsayısı $\mu = 1.4$ beton en az 5 mm pürüzlendirilmiş ise

$\mu = 1.0$ beton en az 2 ~5 mm pürüzlendirilmiş ise

P_u = basınç kuvveti

13. Adımda eğilme aşırı dayanımı ile hesaplanan, toplam kesme

$$V_u = V_{perde} = 5880 \text{ kN (1.317 kips)} = 2.69 V_E$$

minimum normal basınç (örneğin $P_D = 4320 \text{ kN (968 kips)}$). $\Phi=1.0$ ile ve sürtünme faktörü $\mu=1.4$ alınarak

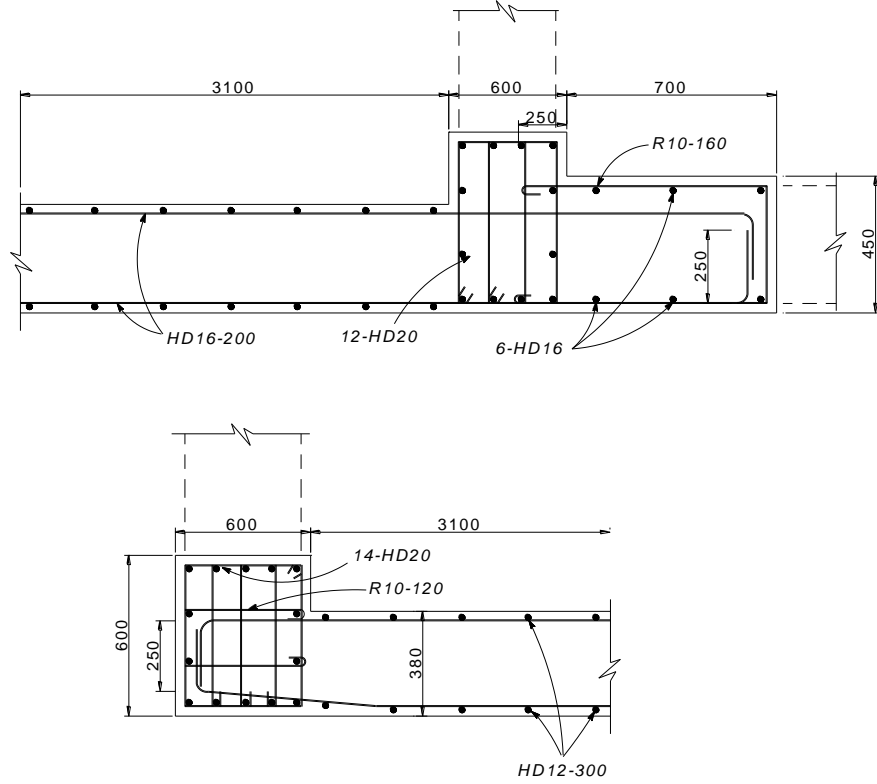
$$A_{vf} = (5880000 - 1 \times 1.4 \times 4320000) / (1 \times 1.4 \times 380) < 0$$

Ama, eğer yüzey sürtünmesi yeterli değilse, $\mu=1.0$ alınmalıdır ve bu nedenle $A_{vf} = 4015 \text{ mm}^2$ bulunur. Şekil 4.5 den ve önceki hesaplardan bir perdedeki toplam düşey donatı ;

$$A_{st} = 4396 + 2486 + 3768 + 1206 = 11856 \text{ mm}^2 > 0.5 \times 4015 \text{ mm}^2$$

Alternatif olarak, basınç perdesinde $V_{perde} = 4673 \text{ kN (1047 kips)}$ ve $P_u = P_{2,o} = 7816 \text{ kN (1751 kips)}$ normal basınç olması hali incelenebilir. Bu durumda da

$$\Phi \mu P_u > P_u = 7816 > V_u = 4673 \text{ kN}$$



Şekil 4.5 Temel birleşiminin detayı

olup kesme sürtünmesi için hiçbir donatı gerekmez. Çekme perdesi tek başına incelenecek olursa kayma kesme çok kritik olur. $V_u=V_{1,perde}=1207$ kN (270 kips) ile kullanılarak ve Adım 1 den $P_u=P_{1,o}=-3496$ kN (783 kips),

$$\mu = 1.4 \text{ için } A_{vf} = (1207000 + 1.4 \times 3496000) / (1.4 \times 380) = 11470 \text{ mm}^2 (17.8 \text{ in.}^2)$$

$$\mu = 1.0 \text{ için } A_{vf} = (1207000 + 1.0 \times 3496000) / (1.0 \times 380) = 12,76 \text{ mm}^2 (19.2 \text{ in.}^2)$$

iken ve bu alanlar perdenin toplam çelik miktarına yakındır.. (örneğin, $A_{st}=11856$ mm^2 (18.4 in 2)).

ADIM 16: Perdelerin Plastik Mafsal Bölgelerinde Enine Donatılar

(a) **Beton basınç bölgesinin kuşatılması:** Enine donatı kullanılmaması durumunda beton basınç bölgesinin uzunluğu

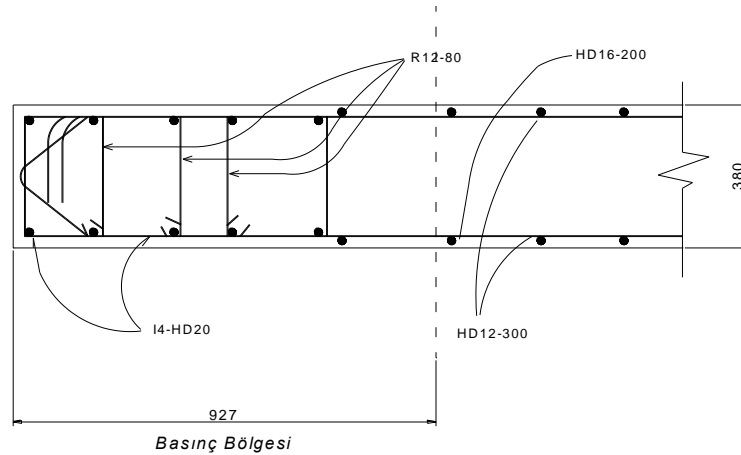
$$c_c = \frac{M_{o,w}}{2.2 \lambda_o \mu_\Delta M_E} I_w = \frac{29,583 \times 5000}{2.2 \times 1.4 \times 5.88 \times 0.82 \times 12166} = 826 \text{ mm (32.5 in.)}$$

olup 12. adımda hesaplanan tarafsız eksen derinliği (629 mm) değeri bulunan değerden küçük olduğu için basınç bölgesinin kuşatılmasına gerek yoktur. Ayrıca 629 mm değeri $f'_c = 30\text{MPa}$ ile bulunmuş olup $f'_c = 35\text{MPa}$ için $c \approx 629 \times (30/35) = 540$ mm alınabilir. Eğer yüksek zati yüklerden ve kuvvetli bağ kirişinden dolayı perde normal kuvveti artarsa c_c değeri azalabilir. c_c tarafsız eksenini sınırda basınç bölgesi $600 \times 600 \text{ mm}^2$ boyutlu kolondan dolayı küçük bulunmuştur. Yukarıda açıklanan kuşatma şartı bir kere de bu elemanın olmaması durumu için irdelenmelidir.

Gövde kalınlığı 380 mm (15 inc.), $f'_c = 35 \text{ MPa}$ (5075 psi) ya yükseltilmiş olduğu göz önüne alınarak tarafsız eksen derinliği Adım 12(b)den yaklaşık olarak

$$c = (600/380)629((1.25 \times 30)/(1.25 \times 35)) \times 629 = 851 \text{ mm} > 826 \text{ mm}$$

bulunur. Denklem 2.18c bağıntısı kullanılırsa tarafsız eksen derinliği için denklem 2.18c bağıntısı kullanılırsa



Şekil 4.6 Perdedeki kuşatılmış bölgenin alternatif olarak detaylandırılması

$$c_c = \frac{3400 M_{o,w}}{(\mu_\Delta - 0.7) (17 + A_r) \lambda_o f_y M_E} I_w$$

$$= \frac{3400 \times 29853 \times 5000}{(5.88 - 0.7)(17 + 28.850 / 5000) 1.4 \times 380 \times 0.82 \times 12.166}$$

$$= 811 \text{ mm}$$

bulunan 851 mm 811 mm den büyük olduğu için basınç bölgesinin kuşatılması gerekir.Şekil 4.5 sınır (kolon) elemanında 14 HD 20 (0.79 in. çaplı) donatılar Şekil 4.6 da gösterildiği gibi yeniden düzenlenebilir.Bölüm 2.4.3 (e) ve 2.19 eşitliği uyarınca,

$$\alpha = 1 - 0.7 \times 811 / 851 = 0.332 < 0.5$$

olup bu nedenle 851 mm (36.5 in.) uzunluktaki beton basınç bölgesinin dış yarısı kuşatılmalıdır.Kuşatılacak bölgenin brüt alanı ;

$$A_g^* = 380 \times 0.5 \times 851 = 161690 \text{ mm}^2$$

olup, çekirdek alanı (R12 (0.47 inç çaplı) etriye ve 28 mm (1.1 inç) beton örtüsü göz önüne alınarak,

$$A_c^* = (380 - 2 \times 34) (0.5 \times 851 - 34) = 122148 \text{ mm}^2$$

2.20a eşitliğinde çarpan

$$0.3 \left(\frac{A_g^*}{A_c^*} - 1 \right) = 0.3 \left(\frac{161690}{122148} - 1 \right) = 0.097 < 0.12$$

olduğu için 2.20b eşitliği kullanılmalıdır.

Formülde;

$$S_h \leq 6 d_b = 6 \times 20 = 120 \text{ mm (4.7 in)} \quad S_h < 0.5 (380 - 2 \times 34) = 156 \text{ mm (6.1 in)}$$

$$h^n = 140 \text{ mm (5.5 in.) (Şekil4.6 da etriye aralığı)}$$

$$c = 851 \text{ mm (36.5 in.)} \quad f_c' = 35 \text{ MPa (5075 psi),}$$

$f_{yh} = 275 \text{ MPa (40 ksi)}$ dir.

$$A_{sh} = 0.12 s_h h^n \frac{f'_c}{f_{yh}} \left(0.5 + 0.9 \frac{c}{l_w} \right) = 171 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0.12 \times 120 \times 140 \left(\frac{35}{275} \right) \left(0.5 + 0.9 \times \frac{851}{5000} \right) = 168 \text{ mm}^2$$

R 12 etriye kullanılırsa $s_h = (113/168)120 = 80 \text{ mm}$ aralık seçilmelidir.

Şekil 4.6 dan görüldüğü gibi 560 mm (4x140=560 mm) uzunluk gerekli olandan fazladır. (örneğin 0.5x851=426 mm (18.2 inç)). Eğer şekil 4.5 de gösterilen perde bölümü kullanılırsa , bir stabilite kontrolü gerekecektir.. $A_r = 28.85/5 \approx 5.8$ ve Şekil 2.35 den tasarım sünekliği $\Delta_\mu = 5.9$ ile $b_c/l_w = 0.0069$ bulunur ve bu nedenle $b_{c,min} = 0.0069 \times 5000 = 345 \text{ mm} < 380 \text{ mm}$ olup perde kalınlığı yeterlidir.

(a) Boyuna Basınc Donatılarının Sarılması: Şekil 4.2 ün 1 elemanında HD 20 (0.79 inç çaplı) donatıların potansiyel plastik mafsallık boyuncası sarılması gereklidir.(örneğin seviye 3 e kadar) .Bölüm2.4.3 (e) (iv) e göre (14HD20)

$$\rho_1 = \frac{\sum A_b}{b S_v} = \frac{4396}{600^2} = 0.0122 > \frac{2}{f_y} = 0.0053$$

$$s_h \leq 6 \times 20 = 120 \text{ mm (4.7 in.)}$$

$$A_{te} = \frac{\sum A_b f_y}{16 f_{yt}} \times \frac{s_h}{100} = \frac{314 \times 380}{16 \times 275} \times \frac{120}{100} \quad (4.7)$$

$$= 33 \text{ mm}^2 < 78.5 \text{ mm}^2 (0.12 \text{ in.}^2) \text{ (etriye olarak R10 kullanılmış)}$$

A_{te} = yatay etriye alanı

f_{yt} = etriye gerilmesi

s_h = yatay etriyelerin düşey yönde uzaklıklarıdır

bulunur.Perdelerin düzleminin tersine olan deprem kuvvetleri düşünüldüğünde 600x600 mm kolonlar için daha çok enine donatıya ihtiyaç olabilir. Diğer bütün

donatılarla birlikte enine donatıların düzenlenmesi Şekil 4.5 de gösterilmiştir. 4 elemanında boyuna donatı oranı

$$\rho_1 = 6 \times 201 / (450 \times 700) = 0.0038 < 0.0053$$

olduğu için bu donatıların kuşatılmasına gerek yoktur. Minimum U şekilli R10 (0.39 inç çaplı) etriyeler 160 mm (6.3 inç) düşey aralıklarla yerleştirilebilir.

ADIM 17: Yüksek Seviyelerde Perdelerin Gerekli Dayanımlarının

Düşünülmesi: Şekil 2.29 da tavsiye edilen lineer tasarım eğilme momenti zarfı Şekil 4.3 (c) de verilen örnek için gösterilmiştir. Herhangi bir seviyede perdenin üst tarafına doğru lineer olarak azalan momenti karşılayabilmek için gerekli eğilme donatısı çekmede tamamen etkili olması için düşünülen seviyenin üstünde l_w kadar uzatılmalıdır. Bu nedenle, bazı donatılar Şekil 4.3 (c) verilen seviyesinin üstünde en az l_d uzunluğunu da aşmak zorundadır. Göz önüne alınan seviyede kesit tesirleri temel kesit tesirlerinin yüzdeleri olarak belirtildiği için bu terimler hesaplanarak daha önce yapılan işlemler tekrarlanır.

5.SONUÇLAR

Deprem etkisinde bir taşıyıcının tasarımında temel kriter yeterli rijitlik ,dayanım ve sünekliğinin sağlanmasıdır.Son zamanlarda , deprem tasarımında daha sünek taşıyıcı sistem tiplerinin seçilmesi benimsenmiştir.Bu düzgün yapısal sistem teşkili ve plastik şekil değiştirmelerle meydana gelen plastik mafsallık olarak tanımlanan noktaların dikkatlice seçilmesiyle ilgilidir.Kapasite tasarımı yöntemi son yıllarda yabancı ülkelerde kullanılan bir yöntemdir. Henüz ülkemizde kullanılmamaktadır.Kapasite yönteminin amacı büyük etkiler doğuran yer değiştirmeler altında enerji dağıtımına izin vererek yapının davranışını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Böylece diğer tüm elemanların olası plastik mafsallık bölgelerinde olası maksimum kesit zorundan büyük dayanım değerleri seçilerek , bu elemanlar göçmeyi oluşturacak hareketlerden korunur. Kapasite tasarımında mantıklı plastik mekanizmaların sağlanmasıyla optimum enerji dağıtımına izin vermekte ve büyük depremlerin etkilediği süneklik isteğinin büyüklüklerine aşırı toleranslıdır.Bu çalışmada perdelerin kapasite tasarımı incelenmiştir perdelerle teşkil edilen yapılar çerçevelerle teşkil edilen yapılara göre daha rijittir. Kapasite tasarımında moment ve kesme kuvvetleri perdeler rijitlikleri oranında dağıtılmaktadır.Türkiye deki mevcut yönetmelikle karşılaştırıldığında kapasite tasarımıyla tasarlanan perdelerde sünekliğin gerçekçi değerleri ile çalışıldığı için yapının davranışına daha uygun bir çözüm yoludur.

*Plastik mafsallarda perde stabilitesinin sağlanabilmesi için perde kalınlıklarının belirli bir değerden küçük olmaması istenir. Bu manada verilen şartlardan biri göz önüne alınan süneklik ile ilgilidir.Şartlar Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de sadece kat yüksekliğine bağlı iken burada bina toplam yüksekliği , birinci kat yüksekliği , perde boyu gibi birçok faktöre bağlıdır.

*Hesaplarda çatlamış kesit göz önüne alınmaktadır.Çatlamış kesit göz önüne alınırken elemanın basınç veya çekme durumuda dikkate alınmaktadır. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de brüt kesit ile çalışılmaktadır.

* Ötelenme sünekliği μ_{Δ} ve dönme sünekliği μ_{θ} nin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmekte Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik gibi baştan kabul edilen değer alınmamaktadır.

* Bağ kirişlerinde beton cinsine , bağ kirişi açıklığına ve bağ kirişi yüksekliğine bağlı olarak bir kıyas kayma gerilmesi hesaplanmıştır. Kirişe etki eden kayma gerilmesi bu değeri aşarsa diyagonal donatı gerekmektedir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de $\ell_n > 3 h_k$, $V_d \leq 1.5 b_w d f_{ctd}$ şartlarının her ikisinin de sağlanması halinde gereklidir.

* Hareketli yükler alan boyutlarına bağlı olarak r katsayısı ile azaltılmaktadır. $r = 0.3 + 3 / \sqrt{A} \leq 1$ olarak verilmiştir. “A” arttıkça “ r ” azalmaktadır. TS500 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de bu azaltma yoktur.

* Plastik mafsallı bölgeleri için betonun aldığı kesme kuvveti formüllerle verilmiştir. Kirişlerde $v_c = 0$

Kolonlarda $v_c = 4 v_b \sqrt{P_u / A_g f_c'} - 0.1 \text{ (N,mm}^2 \text{)}$

Perdelerde $v_c = 0.6 \sqrt{P_u / A_g} \text{ (N,mm}^2 \text{)}$

P_u çekme ise $v_c = 0$. Formüllerde P_u normal kuvvet olmalıdır.

$A = (v_i - v_c) b_w s / f_y$ formülü ile kayma donatısı hesaplanmaktadır.

* Bağ kirişi çapraz donatı etriye şartları Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ile aynı yalnız Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de etriye çapı Ø8 ile kısıtlanmıştır. Etriye aralıkları ise aynı şartlardadır.

* Diyagonal donatı kenet boyu Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de $1.5 \ell_b$ dir. (çekme donatıları için verilen boy). Afet Bölgelerinde

Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de sonuçlar daha kısa çıkmakta , ancak enine donatı kullanılınca kenet boyu azaltılıyor.Yaklaşık aynı boya geliyor.

* Bağ kirişli perde çiftlerinde çekme perdesinde düşey donatı minimumu $\rho_{min} = 0.7/f_y$ alınıyor. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de boşluklu perdelerde böyle bir şart yok . Gövde donatısı tarifi 0.0025 olarak verilmiş, bu değer BÇ I ' e karşı gelir.

* Kapasite hesabında aşırı dayanım faktörü kullanılmış TS500 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de böyle bir tanım yoktur.

*Yeni Zelenda yönetmeliğinde bu değer 1.25 – 1.40 olarak verilmiştir.

*Beton basınç gerilmesi olarak 28 günlük basınç gerilmesi kullanılmıştır.

*Hesaplarda karakteristik beton basınç gerilmeleri ile çalışılmıştır.

* Kesit tesirleri dayanım azaltma katsayısı $\Phi = 0.9$ ile arttırılıyor.(Depremde bulunan momentler $M_E /0.9$ ile arttırılıyor.Düşey yüklerde bulunan normal kuvvetler $P_u/0.9$ ile arttırılıyor)

* Depremle bulunan momentlerle düşey yüklerle bulunan normal kuvvetler

($P_u = P_D + 1.3 P_L$ veya $P_u = 0.9 P_D$) en elverişsiz durumlar ile göz önüne alınıyor.

* Momentlerin perdeler arasında % 30 a kadar dağılımına izin veriliyor. TS500 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik de böyle bir tanım mevcut değil .

KAYNAKLAR

- [1] **Paulay T, Priestly M.J.N** , 1991. Seismic Design of Concrete and Masonry Buildings ,John Wiley ,New York.
- [2] **Aka İ., Keskinel F. , Arda T.S** , 1980. Betonarmeye Giriş, Birsen Kitabevi ,İstanbul
- [3] **Aka İ., Keskinel F. , Arda T.S** ,1980 Betonarme Yapı Elemanları , Birsen Kitabevi ,İstanbul
- [4] **Celep Z. , Kumbasar N.**, 1998. Betonarme Yapılar , Sema Matbaacılık , İstanbul
- [5] **Celep Z. , Kumbasar N.**, 1993. Deprem Mühendisliğine Giriş, Sema Matbaacılık, İstanbul
- [6] **Ersoy U., Özcebe G.** , 2001.Betonarme , Evrim Yayınevi ,İstanbul
- [7] **Berktaş İ.**,1995 Betonarme 1 , TMMOB, İstanbul
- [8] 1998,Afet bölgeleri Hakkında Yapılacak Yönetmelik ,Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ,İstanbul
- [9] **TS 500** ,1985 ,Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

EK 1 – AFET BÖLGELERİ HAKKINDA YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİĞİN PERDELERLE İLGİLİ 7. BÖLÜMÜ

7.6. SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK PERDELER

7.6.1. En kesit Koşulları

7.6.1.1 – Perdeler, planda uzun kenarın kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Aşağıda **7.6.1.2**'de belirtilen özel durum dışında perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200mm'den az olmayacaktır. Ancak $H_w / \ell_w > 2.0$ olan perdelerde, aşağıda **7.6.2.2**'de tanımlanan *kritik perde yüksekliği* boyunca perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/12'sinden az olmayacaktır.

7.6.1.2 – Deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca sadece perdeler tarafından taşındığı binalarda, **Denk.(7.14)** ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde duvar kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150mm'den az olmayacaktır.

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0.0002 \quad (7.14a)$$

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5 \text{ fctd} \quad (7.14b)$$

Denk.(7.14), bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde, diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır.

7.6.2. Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği

7.6.2.1 - $H_w / \ell_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucundan *perde uç bölgeleri* oluşturulacaktır (**Şekil 7.11**). Perde uç bölgeleri, perdenin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde de düzenlenebilir.

7.6.2.2 – Temel üstünden itibaren *kritik perde yüksekliği* $2\ell_w$ değerini aşmamak üzere, aşağıda verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$H_{cr} \geq \ell_w \quad (7.15a)$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \quad (7.15b)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, H_w ve H_{cr} büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru göz önüne alınacaktır. Bu tür binalarda kritik perde yüksekliği, en az zemin kat altındaki ilk bodrum katının yüksekliği boyunca aşağıya doğru ayrıca uzatılacaktır.

7.6.2.3 – Dikdörtgen kesitli perdelerde, yukarıda tanımlanan *kritik perde yüksekliği* boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam

uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır (**Şekil 7.11**).

7.6.2.4 – Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin en kesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için **7.6.2.3**'te tanımlanan alana eşit olacaktır.

7.6.3. Gövde Donatısı Koşulları

7.6.3.1 – Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam en kesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan *perde gövdesi* brüt en kesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_w / l_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak göz önüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250mm'den fazla olmayacaktır (**Şekil 7.11**).

7.6.3.2 – Yukarıdaki **7.6.1.2**'de **Denk (7.14)** ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binalarda, düşey ve yata toplam gövde donatısı oranlarının her biri 0.0015'e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300mm'yi geçmeyecektir.

7.6.3.3 – Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağırları, beher metre kare perde yüzünde en az 4 adet *özel deprem çirozu* ile karşılıklı olarak bağlanacaktır. Ancak **7.6.2.2**'de tanımlanan *kritik perde yüksekliği* boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metre kare perde yüzünde en az 10 adet *özel deprem çirozu* kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır.

7.6.4. Gövde Donatılarının Düzenlenmesi

Perdelerin yatay gövde donatıları, aşağıda **7.6.4.1**'de veya **7.6.4.2**'de belirtildiği şekilde düzenlenebilir. (**Şekil 7.11**). Bu şekilde düzenlenen yatay gövde donatıları, *kritik perde yüksekliği* boyunca aşağıdaki **7.6.5.2**'ye göre perde uç bölgelerine konulacak sargı donatısının belirlenmesinde hesaba katılabilir.

7.6.4.1 – Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır.

7.6.4.2 – Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan \supset biçiminde yatay donatılar yerleştirilecektir. Bu donatılar perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaklardır.

7.6.5. Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları

7.6.5.1 – Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt en kesit alanına oranı 0.0001'den az olmayacaktır. Ancak **7.6.2.2**'de tanımlanan *kritik perde yüksekliği* boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı **4Ø14**'ten az olmayacaktır (**Şekil 7.11**).

7.6.5.2 – Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

(a)Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, **a**, etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

(b)**7.6.2.2**'de tanımlanan *kritik perde yüksekliği* boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için **7.3.4.1**'de **Denk.(7.1b)** ile belirlenen enine donatıların en az 2/3'ü konulacaktır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 10mm'den daha fazla, 50mm'den daha az olmayacaktır (**Şekil 7.11**). Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.

(c)Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığının ve 200mm'den daha fazla olmayacaktır (**Şekil 7.11**). Ancak, perde uç bölgelerindeki enine donatının çapı ve aralığı, hiçbir zaman perde gövdesindeki yatay donatıdan az olmayacaktır.

7.6.6. Tasarım Eğilme Momentleri

7.6.6.1 - $H_w / \ell_w > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde tasarıma esas eğilme momentleri, **7.6.2.2**'ye göre belirlenen kritik perde yüksekliği boyunca sabit bir değer olarak, perde tabanında **Bölüm 6**'ya göre hesaplanan eğilme momentine eşit alınacaktır. Kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesitin üstünde ise, **Bölüm 6**'ya göre perdenin tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı uygulanacaktır (**Şekil 7.12**). Çevresinde rijit perdeler bulunan bodrumlu binalarda sabit perde momenti, **7.6.2.2**'de tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca göz önüne alınacaktır.

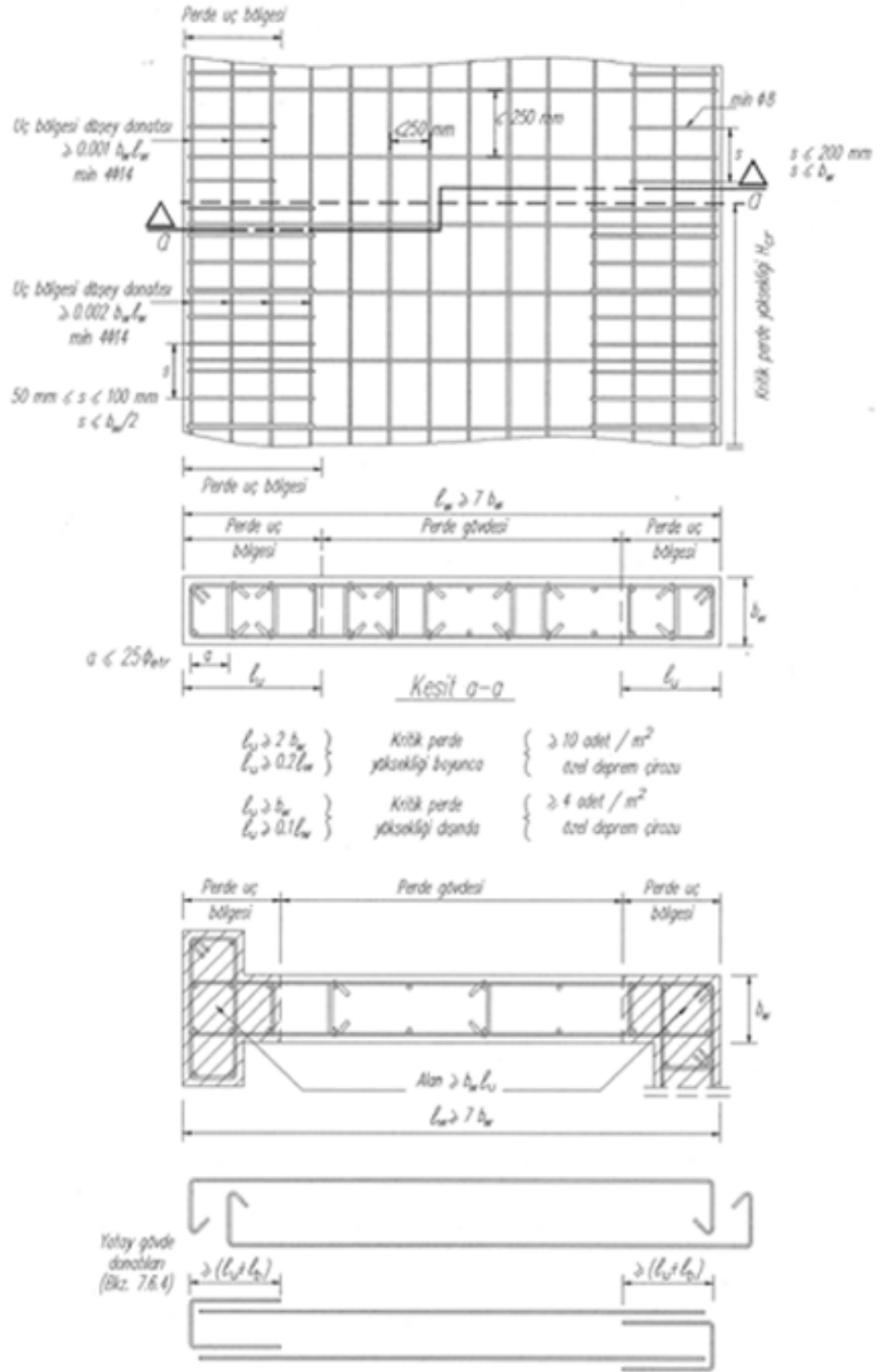
7.6.6.2 - $H_w / \ell_w > 2.0$ olması durumunda, her bir katta perde kesitlerinin taşıma gücü momentlerinin, perdenin güçlü doğrultusunda kolonlar için **Denk.(7.3)** ile verilen koşulu sağlaması zorunludur. Aksi durumda perde boyutları ve/veya donatıları artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

7.6.7. Perdelerin Kesme Güvenliği

7.6.7.1 – Perde veya perde parçalarındaki enine donatının hesabına V_d kesme kuvveti esas alınacaktır.

7.6.7.2 – Perde kesitlerinin kesme dayanımı V_r , **Denk.(7.16)** ile hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd}) \quad (7.16)$$



Şekil 7.11

V_d kesme kuvveti aşağıda tanımlana koşulları sağlayacaktır.

$$V_d \leq V_r \quad (7.16b)$$

$$V_d \leq 0.22 A_{ch} f_{cd} \quad (7.17b)$$

Aksi durumda, perde kesit boyutları bu koşullar sağlanmak üzere arttırılacaktır.

7.6.7.3 – Temele bağlantı düzeyinde ve üst katlarda yapılacak inşaat derzlerinde, aktarılan kesme kuvveti için TS-500’de tanımlanan *sürtünme kesmesi* hesabı mutlaka yapılacaktır.

7.6.8. Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdelere İlişkin Kural ve Koşullar

7.6.8.1 – Perdeler için yukarıda verilen tüm kural ve koşullar, bağ kirişli perdeleri oluşturan perde parçalarının her biri içinde geçerlidir.

7.6.8.1 – Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, herhangi bir bağ kirişli perde sistemini oluşturan perde parçalarında deprem yüklerinden oluşan taban momentlerinin toplamı, bağ kirişli perde sisteminde deprem yüklerinden oluşan toplam devrilme momentinin 2/3’ünden fazla olmayacaktır (**Şekil 7.13**). Bu koşulun sağlanmaması durumunda, bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının her biri boşluksuz perde olarak sayılacak ve **Bölüm 6, Tablo 6.5**’ten alınan **R** katsayısı değiştirilecektir.

7.6.8.3 – Bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının düşey donatı hesabında, çekmeye çalışan perde parçasındaki momentin en fazla %30’unun, basınca çalışan perde parçasına aktarılmasına (*yeniden dağılım*) izin verilebilir.

7.6.8.4 – bağ kirişlerinin kesme donatısına ilişkin kurallar aşağıda verilmiştir.

(a)Aşağıdaki koşulların herhangi birinin sağlanması durumunda, bağ kirişlerinin kesme donatısı hesabı **7.4.5**’e göre yapılacaktır.

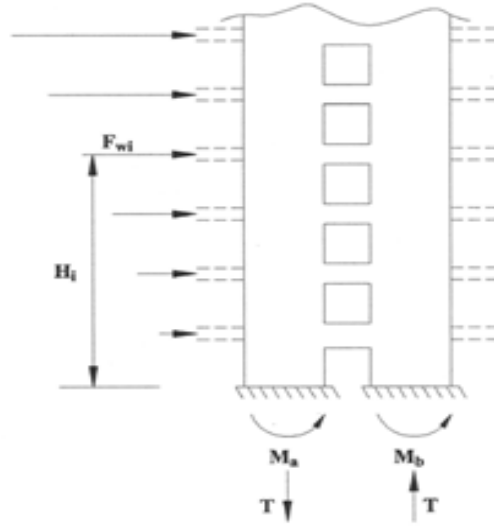
$$\ell_n > 3 \quad (7.18 a)$$

$$V_d \leq 1.5 b_w d f_{ctd} \quad (7.18 b)$$

(b)**Denk.(7.18)** ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanmaması durumunda, bağ kirişine konulacak özel kesme donatısı, geçerliliği deneylerle kanıtlanmış yöntemlerle belirlenecek veya bağ kirişindeki kesme kuvvetini karşılamak üzere çapraz donatılar kullanılacaktır (**Şekil 7.14**). Her bir çapraz donatı demetindeki toplam donatı alanı **Denk.(7.19)** ile belirlenecektir.

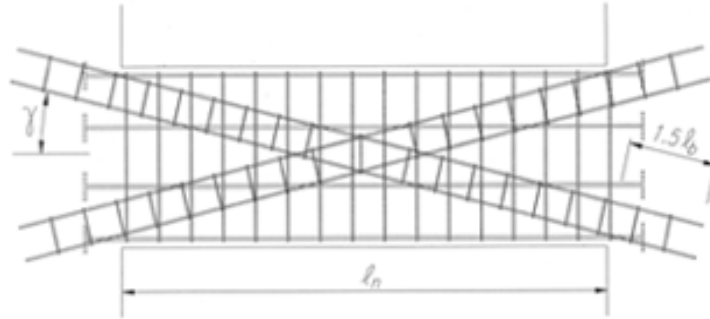
$$A_{sd} = V_d / (2 f_{yd} \sin \gamma) \quad (7.19)$$

Çapraz donatı demetlerinde en az dört adet donatı bulunacak ve bu donatılar perde parçalarının içine doğru en az **1.5 ℓ_b** kadar uzatılacaktır. Donatı demetleri özel deprem etriyeleri ile sarılacak ve kullanılacak etriyelerin çapı 8mm’den, aralığı ise çapraz donatı çapının 6 katından ve 100mm’den daha fazla olmayacaktır. Çapraz



Şekil 7.13

donatılara ek olarak, bağ kirişine TS-500’de ön görülen minimum miktarda etriye ve yatay gövde donatısı konulacaktır (Şekil 7.14)



Şekil 7.14

7.10. SÜNEKLİK DÜZEYİ NORMAL PERDELER

Süneklik düzeyi normal perdeler, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılarak donatılacaktır. Süneklik düzeyi yüksek perdeler için 7.6.6, 7.6.8.2, 7.6.8.3’de verilen kural ve koşullar ile *kritik perde yüksekliği*’ne ilişkin olarak verilen tanım ve koşullar hariç olmak üzere, 7.6’da verilen diğer tüm kural ve koşullar, süneklik düzeyi normal olan perdeler için de geçerlidir.

EK 2 - YÜK KOMBİNASYONLARI

Ülke	γ_D	γ_L	γ_E
Türkiye (TS 500 , 2000)	1,4 1,0 0,9	1,6 1,0	1,0 1,0
Yeni Zelenda	1,4 1,0 0,9	1,7 1,3 * -	1,0 1,0

* Plastik mafsallarda aşırı dayanım altında zorlamalar için $\gamma_L = 1,0$ alınmaktadır.

$$S_u = 1,4 S_D + 1,7 S_L$$

veya

$$S_u = 1,0 S_D + 1,3 S_L + 1,0 S_E$$

veya

$$S_u = 0,9 S_D + 1,0 S_E$$

Eğer depremde plastik şekil değiştirmeler ve mafsallarda aşırı dayanım göz önüne alınırsa

$$S_u = 1,0 S_D + 1,0 S_L + 1,0 S_{o,E}$$

Veya

$$S_u = 0,9 S_D + 1,0 S_{o,E}$$

$S_{o,E}$ Deprem etkisinde aşırı dayanımdan elde edilen kesit tesiri (Düşey yüklerden hesaplanan S_u da farklılık olmasına rağmen düşey yükler + deprem süper pozisyonundan bulunan aynı olmaktadır.)

ÖZGEÇMİŞ

Çiydem KAYA 1977 yılında İstanbul' da doğdu. İlkokul öğrenimini Zühtü Paşa İlkokulunda , orta öğrenimini Özel Ortadoğu Lisesinde , lise öğrenimini Erenköy Kız lisesinde tamamladı.1996 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdi. Bu fakülteden 2000 yılında Geoteknik Anabilim Dalından bitirme ödevi alarak mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı , Yapı Mühendisliği programında lisansüstü programına başladı .Mezuniyet sonrası Özgürler Trafik firmasında başladığı proje mühendisi görevine halen devam etmektedir.

